

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

543097

(43) 国際公開日
2004年8月5日 (05.08.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/065664 A1(51) 国際特許分類:
17/00, H01L 21/288, 21/3205

C25D 7/12,

(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社
荏原製作所 (EBARA CORPORATION) [JP/JP]; 〒
1448510 東京都大田区羽田旭町 11 番 1 号 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/000528

(22) 国際出願日: 2004年1月22日 (22.01.2004)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:

特願2003-015236 2003年1月23日 (23.01.2003) JP

特願2003-149827 2003年5月27日 (27.05.2003) JP

特願2003-161237 2003年6月5日 (05.06.2003) JP

特願2003-161236 2003年6月5日 (05.06.2003) JP

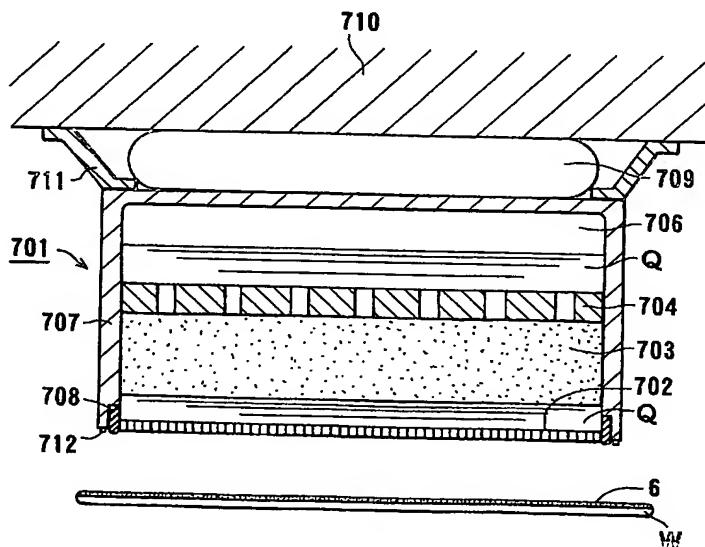
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 倉科 敬一
(KURASHINA, Keiichi) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大
田区羽田旭町 11 番 1 号 株式会社 芮原製作所 内
Tokyo (JP). 並木 計介 (NAMIKI, Keisuke) [JP/JP]; 〒
1448510 東京都大田区羽田旭町 11 番 1 号 株式
会社 芮原製作所 内 Tokyo (JP). 中田 勉 (NAKADA,
Tsutomu) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大田区羽田旭町
11 番 1 号 株式会社 芮原製作所 内 Tokyo (JP). 三
島 浩二 (MISHIMA, Koji) [JP/JP]; 〒1448510 東京都

[続葉有]

(54) Title: PLATING DEVICE AND PLATING METHOD

(54) 発明の名称: めっき装置及びめっき方法



(57) Abstract: A plating device capable of selectively depositing metal plating films such as copper layers in fine recessed parts for wiring formed of circuit-shaped trenches and via holes, comprising an electrode head (701) having an anode (704), a plating liquid impregnated material (703) holding plating liquid, and a porous contact body (702) in contact with the surface of a substrate, a cathode electrode (712) in contact with the substrate for energization, a pressing mechanism (709) controllably pressing the porous contact body of the electrode head against the surface of the substrate, a power supply (723) applying a plating voltage between the anode and the cathode electrode, and a control part (721) controlling the pressed state of the porous contact body of the electrode head against the surface of the substrate and the state of the plating voltage applied between the anode and the cathode electrode in association with each other.

(57) 要約: 本発明は、回路形状のトレンチやピアホール等からなる配線用の微細凹部の内部に、銅層等の金属めっき膜を選択的に析出させることができるようにしためっき装置を提供する。本発明のめっき装置は、アノード (704)

WO 2004/065664 A1

[続葉有]



大田区羽田旭町11番1号 株式会社荏原製作所 内
Tokyo (JP).

(74) 代理人: 渡邊 勇, 外 (WATANABE, Isamu et al.);
〒1600023 東京都新宿区西新宿7丁目5番8号
GOWA西新宿4階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

)、めっき液を保持するめっき液含浸材 (703)、及び基板表面と接触する多孔質接触体 (702) を備えた電極ヘッド (701) と、基板に接触して通電させるカソード電極 (712) と、前記電極ヘッドの多孔質接触体を基板表面に加減自在に押当てる押当てる機構 (709) と、前記アノードと前記カソード電極との間にめっき電圧を印加する電源 (723) と、前記電極ヘッドの多孔質接触体の基板表面への押当てる状態と、前記アノードと前記カソード電極との間に印加されるめっき電圧の状態とを互いに関連させて制御する制御部 (721) を有する。

明細書

めっき装置及びめっき方法

技術分野

本発明は、めっき装置及びめっき方法に係り、特に半導体基板などの基板に形成された微細配線パターンに銅等の金属（配線材料）を埋込んで配線を形成するのに使用されるめっき装置及びめっき方法に関する。

背景技術

最近、半導体基板上に、回路形状のトレンチやピアホール等の配線用の微細凹部を形成し、銅めっきによりこれらの微細凹部を銅（配線材料）で埋め、残りの部分の銅層（めっき膜）をCMP等の手段により除去して回路を形成することが行われている。この技術においては、回路形状のトレンチあるいはピアホールの中に選択的に銅めっき膜が析出し、それ以外の部分では、銅めっき膜の析出が少ない方が後のCMPの負荷を減らす上で好ましい。従来、このような目的を達成するために、めっき液の浴組成や、使用する光沢剤などめっき液での工夫が行われている。

一方、回路形状のトレンチ等の中に選択的に銅めっき膜を析出させるための技術としては、多孔質体を半導体ウエハ等の基板に接触させ、また接触方向に相対的に動かしながらめっきを行うという方法が知られている（例えば、特開2000-232078等参照）。この技術で用いる多孔質体としては、PVA、多孔質テフロン（登録商標）、ポリプロピレン等を繊維状に編んだり、漉いて紙状に加工したりしたもの、あるいはゲル化シリコン酸化物や寒天質等の不定形物などが一般に使用される。

しかし、トレンチ等のパターン部の内部に銅等の配線材料を完全に埋

め込んで銅配線を形成するためには、パターン部以外にもかなりの厚さの銅層を形成し、パターン部以外に成膜された余剰の銅層をC M P法により除去する必要がある。このため、除去すべき銅の量が多い場合には、C M P時間が長くなり、コストアップに繋がってしまうばかりでなく、C M P後の基板の研磨面に面内不均一性があると、研磨後に残存する配線の深さが基板面内で異なり、この結果、研磨時間が長くなればなる程、配線性能のC M Pの性能に対する依存度が大きくなってしまう。

このような問題を解決するため、めっき液の浴組成や、使用する光沢剤等、めっき液での工夫が行われており、これらによってある程度は目的が達成されるが、一定の限界があった。

一方、多孔質体を基板に接触させ、また接触方向に相対的に動かしながらめっきを行うという方法にあっては、この多孔質体の表面粗さは、一般に数ミクロンから数百ミクロンであり、このような表面粗さを有する多孔質体は、表面粗さがサブミクロンから数ミクロンである半導体基板上の凹凸面を平坦化するには問題があるものであった。

また、この技術では、多孔質体を接触させながら接触面に対して水平方向に相対的に移動（擦り）させることにより、めっき液の供給量を凹凸部で変え、平坦性の向上を試みている。しかし、上述したような表面粗さにより、思うような効果が得られ難いと言う問題があった。更に、多孔質体表面の表面粗さや多孔質体を基板の被めっき面に向けて押圧した時に該多孔質体に発生するうねりや反りなどにより、多孔質体の全面を基板の被めっき面に均一に押圧して密着させることが困難で、このため、図50に示すように、多孔質体Aと基板Wの被めっき面Pとの間に局所的に隙間Sが生じて該隙間Sにめっき液Qが存在し、この隙間Sに存在するめっき液Qに含まれるCu²⁺等のイオンがめっきに寄与して、めっきの面内不均一に繋がってしまうといった問題があった。

なお、多孔質体を接触させるための荷重を大きくし多孔質体の空間部

を押し潰すことにより、平坦性は向上すると考えられるが、その場合には、基板に非常に大きな荷重を掛ける必要があり、このため、10w-1k材などの柔らかい絶縁膜を対象とした場合には、絶縁膜が破壊され、まためっき膜表面にも傷が入りやすくなるなど実現化が困難であった。

この種の微細で高アスペクト比の配線を形成するめっきに使用されるめっき装置としては、表面（被めっき面）を上向き（フェースアップ）にして基板を保持し、この基板の周縁部にカソード電極を接触させて基板表面をカソードとするとともに、基板の上方にアノードを配置し、基板とアノードとの間にめっき液で満たしながら、基板（カソード）とアノードとの間にめっき電圧を印加して、基板の表面（被めっき面）にめっきを行うようにしたものが知られている（例えば、特表2002-506489号参照）。

この種の表面を上向きにして基板を保持して枚葉式でめっきを行うめっき装置にあっては、基板の全面に亘ってめっき電流の分布をより均一にして、めっき膜の面内均一性をより向上させるとともに、基板は、一般に表面を上向きにして搬送されて各種の処理が施されるため、めっきの際に基板を裏返す必要をなくすことができる。

しかし、表面を上向き（フェースアップ）にして基板を保持してめっきを行う従来のめっき装置にあっては、基板（カソード）とアノードとの間に常に新鮮なめっき液を供給してめっきを行うためには、基板とアノードとの間に、多量のめっき液を供給してめっきを行う必要があり、めっき液が無駄に消費されてしまうという問題があった。

このため、めっきに使用される新鮮なめっき液を、アノードを浸漬していて実際にめっきには使用されないめっき液とは別に、基板により近接した位置から基板に供給することで、少量の新鮮なめっき液を供給し、しかもこの供給された新鮮なめっき液がめっきに使用されるようにすることが行われている。しかし、このように、新鮮なめっき液を基板によ

り近接した位置から基板に供給しても、実際には、アノードを浸漬して劣化した使い古しのめっき液が回り込んで新鮮なめっき液に混入してしまい、この結果、めっき特性を維持管理できなくなるという問題があった。

発明の開示

本発明は、上記事情に鑑みて為されたもので、回路形状のトレンチやビアホール等からなる配線用の微細凹部の内部に、銅層等の金属めっき膜を選択的に析出させることができるようにしためっき装置及びめっき方法を提供することを第1の目的とする。

本発明は、荷重を大きくすることなく、多孔質体の全面を基板の被めっき面に均一に密着させた状態でめっきが行えるようにしためっき装置及びめっき方法を提供することを第2の目的とする。

本発明は、フェースアップ方式を採用しためっき装置であっても、より少量のめっき液の供給によって、常に新鮮なめっき液を使用しためっきが行えるようにしためっき装置を提供することを第3の目的とする。

本発明のめっき装置は、アノード、めっき液を保持するめっき液含浸材、及び基板表面と接触する多孔質接触体を備えた電極ヘッドと、基板に接触して通電させるカソード電極と、前記電極ヘッドの多孔質接触体を基板表面に加減自在に押当てる押当て機構と、前記アノードと前記カソード電極との間にめっき電圧を印加する電源と、前記電極ヘッドの多孔質接触体の基板表面への押当て状態と、前記アノードと前記カソード電極との間に印加されるめっき電圧の状態とを互いに関連させて制御する制御部を有する。

本発明者らは、基板上のトレンチやビアホールに対し、優先的にめっき液を供給し、優先的に金属を析出させる方法について、鋭意検討を行った。その結果、平坦性が高く、めっき液を通す程度の微細貫通穴を有

する多孔質接触体を、シード層を形成した基板に接触させ、かつ、めっきのための電圧の印加を、多孔質接触体と基板のシード層との間の接触状態の変化と関連させて断続させることにより、トレンチやピアホール内に優先的に金属析出が起こることを見出した。

本発明は、電極ヘッドの多孔質接触体と基板表面に設けられたシード層の凸部とを接触させた状態でめっきすることを基本とする。このように、多孔質接触体とシード層の凸部を接触させてめっきを行うことにより、めっき液中に含まれているめっき抑制効果がある添加剤成分（界面活性体等）が、多孔質接触体と接触したシード層の凸部に特異的に吸着してめっき析出が抑制され、多孔質接触体と接触していないシード層の凹部ではめっき析出が行われる。

この現象は、多孔質接触体と基板のシード層が接触しているときにこれらの界面が静止している場合に安定に生じ、また、多孔質接触体の平坦性が高いほど安定性も高い。また、多孔質接触体自体も、疎水性材料である場合ほどシード層への添加剤成分の吸着が多くなる。

そして、アノードとカソード電極との間に印加されるめっき電圧の状態の変化と、多孔質接触体の基板表面への押当て状態の変化とを互いに関連させ、短い時間でのめっき及び新しいめっき液の供給が繰り返されるようにすることで、上記した、シード層の凸部でのめっき析出の抑制と、シード層の凹部でのめっき析出の現象が維持されるため、シード層の凹部が優先的にめっきされるという理想的なめっき挙動が得られる。

前記多孔質接触体は、例えばポリエチレン、ポリプロピレン、ポリアミド、ポリカーボネート、ポリイミド、炭化珪素またはアルミナで形成される。

前記めっき液含浸材は、例えばセラミックスまたは多孔質プラスチックで形成される。

前記多孔質接触体の少なくとも基板表面に接触する面は、絶縁物また

は絶縁性の高い物質で形成されていることが望ましい。

前記制御部は、前記多孔質接触体及び基板の少なくとも一方を自転または公転させるよう制御することが望ましい。

本発明の他のめっき装置は、基板を保持する基板ステージと、前記基板ステージで保持した基板の被めっき面の周縁部に当接して該周縁部を水密的にシールするシール材と、該基板と接触して通電させるカソード電極などを備えたカソード部と、前記カソード部の上方に上下動自在に配置され、アノードと保水性を有する多孔質体とを上下に備えた電極ヘッドと、前記アノードと前記基板ステージで保持した基板の被めっき面との間にめっき液を注入するめっき注入部と、前記多孔質体を前記基板ステージで保持した基板の被めっき面に任意の圧力で押圧し該被めっき面から離間させる押圧離間機構と、前記カソード電極と前記アノードとの間にめっき電圧を印加する電源とを有する。

本発明によれば、多孔質体を基板ステージで保持した基板の被めっき面に任意の圧力で押圧することで、多孔質体と基板の被めっき面のトレンチ等の配線用の微細凹部以外の部分（パターン部以外の部分）との間における隙間をできるだけ小さくし、この状態でめっきを行うとともに、プロセスの途中で多孔質体を基板ステージで保持した基板から離して、多孔質体と基板との間のめっき液をリフレッシュ（入れ換え）させ、再度めっきを行うことで、基板に設けた配線用の微細凹部の内部にめっき膜を選択的に効率よく析出させることができる。しかも、多孔質体を基板の被めっき面に押圧する圧力を任意に調整することで、基板の被めっき面や成膜中のめっき膜が多孔質体によってダメージを受けることを防止することができる。

前記基板ステージで保持した基板と前記電極ヘッドとを相対移動させる相対移動機構を有することが好ましい。

例えば、めっきに先だって、多孔質体を基板ステージで保持した基板

の被めっき面に任意の圧力で押圧しつつ両者を相対移動させることで、多孔質体と基板との密着性を高めることができる。

前記相対移動機構は、例えば前記基板ステージまたは前記電極ヘッドの少なくとも一方を回転させる回転機構からなる。

前記基板ステージまたは前記電極ヘッドの少なくとも一方を回転するときに与えられる回転トルクを検出するトルクセンサを有することが好ましい。

このようにトルクセンサを備え、多孔質体を基板の被めっき面に押圧する際の圧力をトルクセンサを介して検知することで、この圧力が過大となったり、不足してしまうことを防止することができる。

前記押圧離間機構は、ガス圧によって伸縮して前記多孔質体を前記基板に向けて押圧するエアバッグを有することが好ましい。

これにより、多孔質体を、エアバッグを介して、その全面に亘ってより均一に基板に向けて押圧（加圧）して、基板の全面により均一な圧力で密着させることができる。

前記エアバッグは、好ましくは、前記アノードまたは前記多孔質体と接触して該アノードまたは多孔質体を水平な状態で上下動させるように構成されている。

前記多孔質体は、少なくとも2種類以上の多孔質材を積層した多層構造を有することが好ましい。

この多孔質体は、材料や構造等の観点から、例えば主にめっき液を保持する役割を果たすめっき液含浸材と、このめっき液含浸材の下面に取付けられた多孔質パッドから構成され、この多孔質パッドは、例えば基板に直接接触する下層パッドと、この下層パッドとめっき液含浸材との間に介装される上層パッドから構成される。このように、多孔質体を多層構造とすることで、例えば基板と接触する多孔質パッド（下層パッド）として、半導体基板上の凹凸面を平坦化するのに十分な平坦性を有する

ものを使用することが可能となる。

前記電極ヘッドは、好ましくは、前記アノード及び前記エアバッグを内部に収納し、下端開口部を前記多孔質体で閉塞させたアノード室を区画形成するハウジングを有する。

これにより、アノード室内に収納したエアバッグを介して、多孔質体を独立に下方に押圧することができる。

前記アノード室は、例えば円筒形の形状を有している。

前記ハウジングには、前記エアバッグに連通するガス導入管、前記アノード室の内部にめっき液を導入するめっき液導入管、及び前記アノードに給電する給電ポートが取付けられている。

前記押圧離間機構は、好ましくは、前記ハウジングを上下動させるエアバッグを有する。

これにより、電極ヘッドを上下方向に移動不能に固定させた状態で、エアバッグを介して、アノード室を区画形成するハウジングのみを相対的に上下動させることができる。

本発明の好ましい態様は、前記ハウジングまたは前記基板ステージを、上下、左右または円方向に振動させる加振機構を更に有する。

これにより、基板の被めっき面に多孔質体が接触していない状態で、ハウジングまたは基板ステージを、上下、左右または円方向に振動させることで、基板の表面（被めっき面）に設けられたシード層等の導電体層の表面にめっき液を馴染ませることができる。

前記アノード室内のめっき液、及び前記アノードと前記基板ステージで保持した基板の被めっき面との間のめっき液の液温を制御する温度制御機構を更に有することが好ましい。

これにより、めっき中におけるめっき液の液温を常に一定に保って、めっき液の液温の変化によって、金属膜（めっき膜）の膜厚や膜質が変化してしまうことを防止することができる。

前記基板ステージは、該基板ステージの上面に載置した基板の周縁部裏面を吸着して基板を水平に保持するとともに、基板の裏面側を流体で加圧できるように構成されていることが好ましい。

これにより、基板ステージで保持した基板を該基板の裏面側から流体で加圧することで、基板をより水平な状態で維持して、多孔質体の下面に密着させることができる。

本発明の好ましい態様は、前記基板ステージで保持した基板、または前記多孔質体を加振させる加振機構を有する。

これにより、例えば、めっきに先だって、多孔質体を基板ステージで保持した基板の被めっき面に任意の圧力で押圧して、基板または多孔質体の少なくとも一方を、超音波や加振器等で加振させることで、多孔質体と基板との密着性をより高めることができる。

本発明の更に他のめっき装置は、基板を保持する基板ステージと、前記基板ステージで保持した基板の被めっき面の周縁部に当接して該周縁部を水密的にシールするシール材と、該基板と接触して通電させるカソード電極とを備えたカソード部と、前記カソード部の上方に上下動自在に配置され、アノードと保水性を有する多孔質体とを上下に備えた電極ヘッドと、前記アノードと前記基板ステージで保持した基板の被めっき面との間にめっき液を注入するめっき注入部と、前記多孔質体を前記基板ステージで保持した基板の被めっき面に任意の圧力で押圧する押圧機構と、前記カソード電極と前記アノードとの間にめっき電圧を印加する電源と、前記多孔質体を前記基板ステージで保持した基板の被めっき面に任意の圧力で押圧する時に前記多孔質体と被めっき面との間の隙間に存在するめっき液を排除するめっき液排除機構を有する。

本発明によれば、多孔質体を基板ステージで保持した基板の被めっき面に任意の圧力で押圧する時に多孔質体と被めっき面との間の隙間に存在するめっき液を排除することで、荷重を大きくすることなく、多孔質

体の全面を基板の被めっき面に均一に密着させた状態でめっきを行うことができる。

本発明の好ましい態様は、前記めっき液排除機構は、前記基板ステージで保持した基板、前記多孔質体、及び前記アノードと前記基板ステージで保持した基板の被めっき面との間に注入しためっき液のうちの少なくとも2つを相対運動させる機構からなる。

例えば、多孔質体を基板ステージで保持した基板の被めっき面に任意の圧力で押圧する前後で、基板ステージで保持した基板と多孔質体とを相対的に回転させることで、多孔質体と基板の被めっき面との間の隙間に存在するめっき液を、この回転に伴う遠心力で外方に排除することができる。

本発明の好ましい態様は、前記めっき液排除機構は、前記基板ステージで保持した基板、前記多孔質体、及び前記アノードと前記基板ステージで保持した基板の被めっき面との間に注入しためっき液のうちの少なくとも1つを振動させる機構からなる。

例えば、パイブレータを使用して、基板ステージで保持した基板や多孔質体を振動させることで、多孔質体と基板の被めっき面との間の隙間に存在するめっき液をスムーズに排除することができる。

本発明の好ましい態様は、前記めっき液排除機構は、前記基板ステージで保持した基板、前記多孔質体、及び前記アノードと前記基板ステージで保持した基板の被めっき面との間に注入しためっき液のうちの少なくとも1つを、基板ステージで保持した基板の被めっき面に対して垂直方向に振動させる機構からなる。

このように、基板の被めっき面に対して垂直方向に振動させて、多孔質体と基板の被めっき面とが互いに摺接しないようにすることで、めっき表面が傷ついてしまうこと防止することができる。

前記振動させる機構は、例えば、超音波を利用したもの、あるいは励

磁コイルによる加振機を用いたものである。このように、超音波を利用してことで、高周波の振動を与えることができる。

前記振動させる機構は、例えばピエゾ振動子からなる。このように、ピエゾ振動子を使用することで、機構のコンパクト化を図ることができる。

前記振動させる機構は、圧力振動を利用したものであってもよい。このように圧力振動を利用して、主にめっき液を振動させることができる。

前記めっき液排除機構は、内部に前記アノードを収納し開口端部を前記多孔質体で閉塞したアノード室と、該アノード室内の圧力を制御する圧力制御部を有することが好ましい。

これにより、アノード室内の圧力を大気圧より低い圧力（負圧）にして、多孔質体と基板の被めっき面との間の隙間に存在するめっき液を吸引することで、めっき液が多孔質体の内部を通ってアノード室内に流入することを促進して、隙間からめっき液を排除することができる。

本発明の更に他のめっき装置は、基板を保持する基板ステージと、前記基板ステージで保持した基板の被めっき面の周縁部に当接して該周縁部を水密的にシールするシール材と、該基板と接触して通電させるカソード電極とを備えたカソード部と、前記カソード部の上方に上下動自在に配置され、アノードと保水性を有する多孔質体とを上下に備えた電極ヘッドと、前記アノードと前記基板ステージで保持した基板の被めっき面との間にめっき液を注入するめっき注入部と、前記カソード電極と前記アノードとの間にめっき電圧を印加する電源とを備え、前記多孔質体は、少なくとも2種類以上の多孔質材を積層した多層構造を有する。

本発明によれば、多層構造を有する多孔質体の内部に新鮮なめっき液を予め保持しておき、めっき直前に多孔質体を介して基板に供給することで、アノードを浸漬させていためっき液が、この基板に供給される新鮮なめっき液に混入してしまうことを防止して、より少量のめっき液の

供給によって、常に新鮮なめっき液を使用しためっきを行うことができる。

前記電極ヘッドは、前記アノードを内部に収納し、下端開口部を前記多孔質体で閉塞させたアノード室を区画形成するハウジングを有することが好ましい。

これにより、アノード室を、内部にめっき液を保持した多孔質体で下端開口部を閉塞させた気密空間となしてアノード室の内部にめっき液を保持し、アノード室の気密を解くか、またはアノード室内を加圧することで、多孔質体の内部に保持した新鮮なめっき液を、アノード室内に保持されてアノードを浸漬させていためっき液の混入を防止しつつ、基板に供給することができる。

前記ハウジングには、好ましくは、前記アノード室の内部のめっき液を吸引するめっき液吸引管、前記アノード室の内部に加圧流体を導入する加圧流体導入管、及び前記アノードに給電する給電ポートが取付けられている。

これにより、多孔質体を新鮮なめっき液に浸した状態で、アノード室内のめっき液を吸引することで、アノード室内のアノードを浸漬させた古いめっきを吸引して除去しつつ、多孔質体の内部に新鮮なめっき液を導入して保持し、アノード室内を加圧流体で加圧することで、多孔質体の内部に保持した新鮮なめっき液を、多孔質体を通して基板に供給することができる。

前記多層構造を構成する多孔質材の間に、少なくとも1つの空間が形成されていることが好ましい。

これにより、例えば多層構造を構成する多孔質材の間に形成された空間内に新鮮なめっき液を予め保持しておくことで、この空間内に保持した新鮮なめっき液及び該空間の下方に位置する多孔質材の内部に保持しためっき液を、アノード室内に保持されてアノードを浸漬させていため

つき液の混入を防止しつつ、基板に供給してめっきに使用することができる。

本発明の好ましい態様は、前記多孔質材の間に形成された空間に向けてめっき液を吐出して供給するめっき液供給部と、前記空間内のめっき液を吸引して排出するめっき液排出部を有する。

これにより、多孔質材の間に形成された空間内にめっき液供給部から新鮮なめっき液を供給しつつ、めっき液排出部を介して、この空間からめっき液を引抜きことで、空間内を新鮮なめっき液に置換することができる。

本発明のめっき方法は、シード層で覆われた配線用の微細凹部を有する基板を用意し、前記シード層の表面と該シード層と所定間隔離間して配置したアノードとの間に多孔質接触体を介してめっき液を供給し、前記シード層と前記アノードとの間にめっき電圧を印加してめっきを行うにあたり、前記シード層と前記アノードとの間に印加するめっき電圧の状態の変化と、前記多孔質接触体と前記シード層との間の押当て状態の変化とを互いに関連させる。

このめっき方法は、基板上のシード層とアノードとの間に、多孔質接触体と介してめっき液を供給しつつ、シード層とアノードとの間に印加するめっき電圧の状態を、多孔質接触体とシード層との間の押当て状態と関連させて変化させながらめっきを行う点に特徴を有する。

この多孔質接触体は、めっき液が通過できる微細貫通穴を有することが必要である。また、この多孔質接触体自体にめっきが析出しないようするため、多孔質接触体の少なくともシード層との接触面は、絶縁物もしくは絶縁性の高い物質で形成されていることが必要である。

更に、基板の平坦面（配線形状のトレンチ及び／またはビアホールが形成されている部分）を多孔質接触体でしっかりと押え、この基板の平坦面にめっきがなるべく析出しないようにするために、多孔質接触体は、

ある程度の固さのある物質であることが好ましい。更に、多孔質接触体のシード層との接触面は、シード層表面との接触面積を広く取れるよう平坦性の良いものが好ましく、後述する添加剤の効果を十分に出すために、多孔質接触体材料は、疎水性であることが好ましい。

本発明のめっき方法におけるシード層とアノードとの間に印加するめっき電圧の状態の変化としては、多孔質接触体とシード層との間に印加するめっき電圧の断続（矩形電圧の印加）、多孔質接触体とシード層との間に印加するめっき電圧の増減（高い電圧と低い電圧の繰り返し）等が挙げられる。また多孔質接触体とシード層との間にめっき電圧を印加する方法も、単純な直流で印加しても良いが、複数のパルスによるパルス群として印加しても良く、更には正弦波として印加しても良い。

また、シード層に対する多孔質接触体の押当て状態の変化としては、シード層と多孔質接触体の接触から非接触への変化や、シード層と多孔質接触体との接触時の圧力を、相対的に高い圧力から相対的に低い圧力に変化させることが挙げられる。

これらのシード層とアノードとの間に印加するめっき電圧の状態の変化と、多孔質接触体とシード層との間の押当て状態の変化とを互いに関連させてめっきを行う方法の態様としては、例えば次のような態様が挙げられる。

第1の態様としては、多孔質接触体とシード層との間の押当て状態の変化が多孔質接触体のシード層との接触、非接触であり、シード層とアノードとの間に印加するめっき電圧の状態の変化が、めっき電圧の印加の断続である場合が挙げられる。

この態様では、例えば多孔質接触体とシード層とが接触しているときにシード層とアノードとの間にめっき電圧を印加してめっきを行い、多孔質接触体とシード層とが非接触の時にはシード層とアノードとの間にめっき電圧を印加せず、めっきを休止してシード層と多孔質接触体の間

に新しいめっき液を供給することができる。

この多孔質接触体とシード層の接触、非接触と、シード層とアノードとの間におけるめっき電圧の印加の断続は、これらを同期して行っても良いが、シード層とアノードとの間にめっき電圧を印加するタイミングを、多孔質接触体とシード層との接触時より若干遅らせても良い。この態様では、シード層とアノードとの間にめっき電圧を印加しない状態で、多孔質接触体や基板（シード層）を、例えば回転や移動運動させることもできる。特に、めっき電圧の印加のタイミングを遅らせる場合には、多孔質接触体とシード層とは接触しているが、シード層とアノードとの間にめっき電圧を印加しない状態で、基板または多孔質接触体を回転、上下または左右方向に運動させることにより、シード層表面にめっき液を馴染ませることができるので好ましい。なお、このようなシード層表面に対するめっき液の馴染ませ運動の一例としては、接触と非接触を繰り返す運動、押当て圧力の強弱を繰り返す運動、軽く押当てた状態で基板を回転させる運動等を挙げることができる。

第2の態様としては、孔質接触体とシード層との間の押当て状態の変化が多孔質接触体のシード層に対する圧力の強弱の変化であり、シード層とアノードとの間に印加するめっき電圧の状態の変化が、印加するめっき電圧の断続である場合が挙げられる。

この態様では、例えば孔質接触体とシード層との間の圧力が相対的に高いときにシード層とアノードとの間にめっき電圧を印加してめっきを行い、孔質接触体とシード層との間の圧力を下げ、相対的に低い圧力とした時にシード層とアノードとの間にめっき電圧を印加せず、めっきを休止してシード層と多孔質接触体の間に新しいめっき液を供給することができる。

この態様でも、めっき電圧の印加が休止されている時に多孔質接触体や基板を回転、移動または振動運動させて、シード層表面にめっき液を

馴染ませることができる。

第3の態様としては、孔質接触体とシード層との間の押当て状態の変化が多孔質接触体のシード層に対する圧力の強弱の変化であり、シード層とアノードとの間に印加するめっき電圧の状態の変化が、印加するめっき電圧の強弱の変化である場合が挙げられる。

この態様では、例えば孔質接触体とシード層との間の圧力が高いときに相対的に高いめっき電圧を印加してめっきを行い、多孔質接触体とシード層との間の圧力を下げ、低い圧力とした時に相対的に低いめっき電圧をシード層とアノードとの間に印加するものであり、高いめっき電圧を印加した時に消耗しためっき液を低いめっき電圧を印加する時に供給することができる。

なお、シード層とアノードとの間に印加するめっき電圧の状態の変化と、シード層に対する多孔質接触体の押当て状態の変化を互いに関連させてめっきを行うに当たっては、例えば、めっき電圧の印加時間と休止時間の間隔は一定としておいても良いし、変化させても良い。また、めっき時の電圧や電流は、いずれか一方を一定としても良いし、これらを徐々に変化させても良い。また、めっきの最初の時点では、定電圧でめっきを行い、その後定電流でめっきを行っても良い。

本発明のめっき方法では、シード層とアノードとの間に印加するめっき電圧の状態と、多孔質接触体とシード層との間の押当て状態を互いに関連させてめっきを行うのに先だって、一般的な方法により基板のシード層に薄く金属めっきを行っても良い。例えば、多孔質接触体がシード層に接触していない状態で短時間めっきを行ってから多孔質接触体をシード層に接触させ、シード層とアノードとの間に印加するめっき電圧の状態と、多孔質接触体とシード層との間の押当て状態を互いに関連させてめっきを行っても良い。

なお、本発明に用いるめっき液としては特に制限はなく、添加剤をあ

まり含有しないものであっても良いが、疎水性の高い添加剤を用いためっき液を使用することが好ましい。特に、めっき液として硫酸銅めっき液等の酸性銅めっき液を使用する場合は、ポリマー成分、キャリアー成分及びレベラー成分を含有する添加剤を用いることが好ましく、特にポリマー成分及びキャリアー成分は必須である。

本発明の他のめっき方法は、シード層で覆われた配線用の微細凹部を有する基板を用意し、前記シード層の表面と所定間隔離間して配置したアノードとの間に保水性を有する多孔質体を配置し、前記シード層と前記アノードとの間にめっき液を満たしつつ通電してめっきを行うにあたり、前記多孔質体を前記シード層に任意の圧力で押圧しつつ、前記シード層と前記アノードとの間に通電してめっきを行う。

本発明のこのましい態様は、前記シード層と前記アノードとの間に通電してめっきを行うのに先だって、前記多孔質体と前記シード層とを任意の圧力で押圧しつつ、相対移動させる。

本発明の好ましい態様は、プロセスの途中で、前記シード層と前記アノードとの間の通電を解き、前記多孔質体を前記シード層から離す。

これにより、プロセスの途中で、多孔質体とシード層との間のめっき液をリフレッシュ（入れ換え）することができる。

本発明の更に他のめっき方法は、シード層で覆われた配線用の微細凹部を有する基板を用意し、前記シード層の表面と所定間隔離間して配置したアノードとの間に保水性を有する多孔質体を配置し、前記シード層と前記アノードとの間にめっき液を満たしつつ通電してめっきを行うにあたり、前記多孔質体を前記シード層に任意の圧力で押圧する前後で、前記多孔質体とシード層との間に存在するめっき液を排除した後、前記シード層と前記アノードとの間に通電してめっきを行う。

本発明の好ましい態様は、前記多孔質体と前記シード層とが接触している時のみに通電を行う。

本発明の基板処理装置は、基板を搬出入するロード・アンド・アンロードステーションと、請求項1乃至33のいずれかに記載のめっき装置と、基板を洗浄し乾燥させる洗浄・乾燥装置と、前記ロード・アンド・アンロードステーション、前記めっき装置及び前記洗浄・乾燥装置の間で基板を搬送する搬送装置を有する。

基板表面に前記めっき装置で成膜した不要な金属膜を研磨除去し平坦化する研磨装置を更に有することが好ましい。

前記めっき装置で金属膜を成膜した基板を熱処理する熱処理装置を更に有することが好ましい。

これにより、研磨装置で不要な金属膜を研磨除去する前に、基板に熱処理（アニール処理）を行うことで、この後の研磨装置での不要な金属膜の研磨除去処理や配線の電気特性に対して良い効果を示すようにすることができる。

基板の周縁部に付着乃至成膜加工した金属膜をエッチング除去するペルエッチング装置を更に有することが好ましい。

これにより、例えば基板表面に埋込み用の金属膜を成膜し、洗浄装置で洗浄した直後に、基板のペル部に成膜された金属膜をペルエッチング装置でエッチングすることができる。

前記めっき装置の前記アノードと前記カソード電極との間にめっき電圧を印加した時の電圧値または電流値の少なくとも一方をモニタするモニタ部を更に有することが好ましい。

これにより、めっき装置によるめっきの終点（エンドポイント）をモニタ部で検知し、フィードバックしてめっきを終了させることができる。

基板表面に成膜した金属膜の膜厚を測定する膜厚測定器を更に有することが好ましい。

これにより、基板表面の金属膜の膜厚を測定し、測定結果をフィードバックしてめっき時間を必要に応じて増減することで、所定の膜厚の金属膜を再現良く形成することができる。

図面の簡単な説明

図 1 は、半導体装置における配線形成例を工程順に示す図である。

図 2 は、本発明の実施の形態のめっき装置を備えた基板処理装置の平面図である。

図 3 は、図 2 に示すめっき装置の要部を示す概要図である。

図 4 は、図 3 に示すめっき装置における電極ヘッドの動作の説明に付するタイムチャートである。

図 5 は、めっき液管理供給システムの一例を示す系統図である。

図 6 は、図 2 に示す洗浄・乾燥装置の一例を示す縦断正面図である。

図 7 は、同じく、平面図である。

図 8 は、図 2 に示すベルエッティング・裏面洗浄装置の一例を示す概略図である。

図 9 は、図 2 に示す熱処理装置の一例を示す縦断正面図である。

図 10 は、同じく、平面図である。

図 11 は、図 2 に示す前処理装置の基板受渡し時における正面図である。

図 12 は、同じく、薬液処理時における正面図である。

図 13 は、同じく、リシス時における正面図である。

図 14 は、同じく、基板受渡し時における処理ヘッドを示す断面図である。

図 15 は、同じく、図 14 の A 部拡大図である。

図 16 は、同じく、基板固定時における図 15 相当図である。

図 17 は、同じく、系統図である。

図 18 は、図 2 に示す無電解めっき装置の基板受渡し時における基板ヘッドを示す断面図である。

図 19 は、同じく、図 18 の B 部拡大図である。

図 20 は、同じく、基板固定時における基板ヘッドを示す図 19 相当

図である。

図21は、同じく、めっき処理時における基板ヘッドを示す図19相当図である。

図22は、同じく、めっき槽カバーを閉じた時のめっき槽を示す一部切断の正面図である。

図23は、同じく、洗浄槽を示す断面図である。

図24は、同じく、系統図である。

図25は、図2に示す研磨装置の一例を示す概要図である。

図26は、図2に示す膜厚測定器における反転機付近の概略正面図である。

図27は、同じく、反転アーム部分の平面図である。

図28は、図2に示す基板処理装置における処理フロー図である。

図29は、本発明の他の実施の形態におけるめっき装置の要部を示す概要図である。

図30は、本発明の更に他の実施の形態におけるめっき装置の要部を示す概要図である。

図31は、本発明の更に他の実施の形態におけるめっき装置の要部を示す概要図である。

図32は、本発明の更に他の実施の形態におけるめっき装置の要部を示す概要図である。

図33は、本発明の更に他の実施の形態におけるめっき装置の電極ヘッド部を示す概要図である。

図34は、図33に示す電極ヘッドを備えためっき装置を示す概要図である。

図35は、実施例に用いた試験サンプルを模式的に示す図である。

図36は、実施例における、電圧の印加、基板と多孔質接触体の接触と非接触及び圧力の付加状況を示すグラフである。

図37は、実施例によって得られた銅層を模式的に示す図である。

図38は、本発明におけるめっきの析出状況を示すグラフである。

図39は、本発明の更に他の実施の形態におけるめっき装置の要部を示す概要図である。

図40は、図39に示すめっき装置で多孔質体と基板の被めっき面との間に生じる隙間に存在するめっき液を排除する時の説明に付する図である。

図41は、本発明の更に他の実施の形態におけるめっき装置の要部を示す概要図である。

図42は、本発明の更に他の実施の形態におけるめっき装置の要部を示す概要図である。

図43は、本発明の更に他の実施の形態におけるめっき装置の要部を示す概要図である。

図44は、図43に示すめっき装置で多孔質体と基板の被めっき面との間に生じる隙間に存在するめっき液を排除する時の説明に付する図である。

図45は、本発明の更に他の実施の形態におけるめっき装置の平面図である。

図46は、図45に示すめっき装置でめっきを行っている時の状態を示す概略断面図である。

図47は、図45に示すめっき装置におけるめっき液供給部とめっき液排出部を示す上下動ハウジングの断面図である。

図48は、図45に示すめっき装置で新鮮なめっき液を電極ヘッドのアノード室に供給している状態を示す概略断面図である。

図49は、図45に示すめっき装置で新鮮なめっき液を電極ヘッドのアノード室に供給している状態の他の例を示す概略断面図である。

図50は、従来例における多孔質体と基板の被めっき面との間に生じ

る隙間にめっき液が存在する状態の説明に付する図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。この実施の形態は、半導体ウエハ等の基板の表面に設けた配線用の微細凹部に、配線材料としての銅をめっきにより埋込んで銅層からなる配線を形成するようにした例を示している。他の配線材料を使用しても良いことは勿論である。

図1A乃至1Dを参照して、半導体装置における銅配線形成例を説明する。図1Aに示すように、半導体素子を形成した半導体基材1上の導電層1aの上に、例えばSiO₂からなる酸化膜やInGaAsP等の絶縁膜(層間絶縁膜)2を堆積し、この絶縁膜2の内部に、例えばリソグラフィ・エッチング技術により、配線用の微細凹部としてのピアホール3とトレンチ4を形成し、その上にTaN等からなるバリア層5、更にその上に電解めっきの給電層としてのシード層6をスパッタリング等により形成する。

そして、図1Bに示すように、基板Wの表面に銅めっきを施すことで、基板Wのピアホール3及びトレンチ4内に銅を充填させるとともに、絶縁膜2上に銅層7を堆積させる。その後、化学機械的研磨(CMP)などにより、絶縁膜2上のバリア層5、シード層6及び銅層7を除去して、ピアホール3及びトレンチ4内に充填させた銅層7の表面と絶縁膜2の表面とをほぼ同一平面にする。これにより、図1Cに示すように、絶縁膜2の内部にシード層6と銅層7からなる配線(銅配線)8を形成する。

次に、図1Dに示すように、基板Wの表面に無電解めっきを施し、配線8の表面に、Co合金やNi合金等からなる保護膜9を選択的に形成し、これによって、配線8の表面を保護膜9で覆って保護する。

図2は、本発明の実施の形態におけるめっき装置を備えた基板処理装

置の平面図を示す。図2に示すように、この基板処理装置は、例えばスマートボックス等の内部に多数の半導体ウェハ等の基板を収納した搬送ボックス10を着脱自在な矩形状の装置フレーム12を備えている。この装置フレーム12の内部には、ロード・アンロードステーション14と、このロード・アンロードステーション14との間で基板を授受する走行自在な搬送ロボット16が備えられている。そして、搬送ロボット16を挟んで該搬送ロボット16の両側には、一対のめっき装置18が配置され、更に、搬送ロボット16を挟んで一方の側には、洗浄・乾燥装置20、ベルエッティング・裏面洗浄装置22及び膜厚測定器24が直列に配置され、他方の側には、熱処理(アニール)装置26、前処理装置28、無電解めっき装置30及び研磨装置32が直列に配置されている。

ここで、装置フレーム12には遮光処理が施され、これによって、この装置フレーム12内での以下の各工程を遮光状態で、つまり、配線に照明光等の光が当たることなく行えるようになっている。このように、配線に光を当たることを防止することで、例えば銅からなる配線に光が当たって光電位差が生じ、この光電位差によって配線が腐食してしまうことを防止することができる。

図3は、本発明の実施の形態におけるめっき装置の概要を示す。図3に示すように、めっき装置は、水平方向に揺動自在な揺動アーム500を備え、この揺動アーム500の先端に電極ヘッド502が回転自在に支承されている。一方、電極ヘッド502の下方に位置して、表面(被めっき面)を上向きにして基板Wを保持する基板ステージ504が上下動自在に配置され、この基板ステージ504の上方には、該基板ステージ504の周縁部を囲繞するようにカソード部506が配置されている。なお、この例では、電極ヘッド502として、その径が基板ステージ504の径より僅かに小さい径を有するものを使用し、電極ヘッド502と基板ステージ504との相対位置を変化させることなく、基板ステ

ジ 504 で保持した基板 W の表面（被めっき面）のほぼ全面に直ってめつきを行えるようにした例を示している。

基板ステージ 504 の上面の周縁部には、内部に設けた真空通路 504 a に連通するリング状の真空吸着溝 504 b が設けられ、この真空吸着溝 504 b を挟んだ内外の両側に、シールリング 508, 510 が装着されている。更に、基板ステージ 504 の上面の内方に位置するシールリング 508 の内側には、加圧用凹部 504 c が設けられ、この加圧用凹部 504 c は、基板ステージ 504 の内部を延びる加圧流体通路 504 d に連通している。

これにより、基板ステージ 504 の上面に基板 W を載置し、真空通路 504 a を介して真空吸着溝 504 b 内を真空吸引することで、基板 W をその周縁部を吸着して保持し、更に加圧流体通路 504 d を介して加圧用凹部 504 c 内に加圧空気等の加圧流体を供給し、基板 W をその裏面側から圧力 P_5 で加圧することで、基板 W をより水平な状態に維持して、下記のように、多孔質体 528 の下面に密着できるようになっている。

なお、図示しないが、基板ステージ 504 には、基板ステージ 504 の温度を一定に制御する加熱装置（ヒータ）が内蔵されている。また、基板ステージ 504 は、図示しないエアシリング（図示せず）によって上下動し、図示しない回転モータ及びベルトを介して、任意の加速度及び速度でカソード部 506 と一体に回転するように構成されている。この時の回転トルクは、図示しないトルクセンサで検知される。そして、基板ステージ 504 が上昇した時に、基板ステージ 504 で保持された基板 W の周縁部に下記のカソード部 506 のシール材 514 とカソード電極 512 が当接するようになっている。

揺動アーム 500 は、図示しないサーボモータからなる上下動モータとボールねじを介して上下動し、図示しない旋回モータを介して、旋回

(揺動) するようになっているが、空気圧アクチュエータを使用しても良い。

前記カソード部 506 は、この例では 6 分割されたカソード電極 512 と、このカソード電極 512 の上方を覆うように取付けた環状のシール材 514 とを有している。シール材 514 は、その内周縁部が内方に向け下方に傾斜し、かつ徐々に薄肉となって、内周端部が下方に垂下するように構成されている。

これにより、基板ステージ 504 が上昇した時に、この基板ステージ 504 で保持した基板 W の周縁部にカソード電極 512 が押付けられて通電し、同時にシール材 514 の内周端部が基板 W の周縁部上面に圧接し、ここを水密的にシールして、基板の上面（被めっき面）に供給されためっき液が基板 W の端部から染み出すのを防止するとともに、めっき液がカソード電極 512 を汚染することを防止する。

なお、この例において、カソード部 506 は、上下動不能で基板ステージ 504 と一緒に回転するようになっているが、上下動自在で、下降した時にシール材 514 が基板 W の被めっき面に圧接するように構成しても良い。

前記電極ヘッド 502 は、共に下方に開口した有底円筒状で、同心状に配置した回転ハウジング 520 と上下動ハウジング 522 とを有している。そして、回転ハウジング 520 は、揺動アーム 500 の自由端に取付けた回転体 524 の下面に固着されて該回転体 524 と一緒に回転するよう構成されている。一方、上下動ハウジング 522 は、その上部において、回転ハウジング 520 の内部に位置して該回転ハウジング 520 と一緒に回転し、相対的に上下動するよう構成されている。上下動ハウジング 522 は、下端開口部を多孔質体 528 で閉塞することで、内部に円板状のアノード 526 を配置し該アノード 526 を浸漬させるめっき液 Q を導入するアノード室 530 を区画形成している。

この多孔質体528は、この例では、多孔質材を3層に積層した多層構造となっている。すなわち、多孔質体528は、主にめっき液を保持する役割を果たすめっき液含浸材532と、このめっき液含浸材532の下面に取付けられた多孔質パッド534から構成され、この多孔質パッド534は、基板Wに直接接触する下層パッド534aと、この下層パッド534aとめっき液含浸材532との間に介装される上層パッド534bから構成されている。そして、めっき液含浸材532と上層パッド534bは、上下動ハウジング522の内部に位置し、下層パッド534aで上下動ハウジング522の下端開口部を閉塞するようになっている。

このように、多孔質体528を多層構造とすることで、例えば基板と接触する多孔質パッド534（下層パッド534a）として、基板の被めっき面上の凹凸面を平坦化するのに十分な平坦性を有するものを使用することが可能となる。

この下層パッド534aは、基板Wの表面（被めっき面）と接触する面（表面）の平坦性がある程度高く、めっき液が通過できる微細貫通穴を有し、少なくとも接触面が絶縁物もしくは絶縁性の高い物質で形成されていることが必要である。この下層パッド534aに要求される平坦性は、例えば、最大粗さ（RMS）が数十 μm 以下程度である。

また、下層パッド534aに要求される微細貫通穴は、接触面での平坦性を保つために丸穴の貫通孔が好ましく、更に、微細貫通穴の穴径や単位面積当たりの個数などはめっきする膜質や配線パターンによって最適値が異なるが、両者とも小さい方が凹部内におけるめっき成長の選択性を向上させる上で好ましい。具体的な、微細貫通穴の穴径や単位面積当たりの個数としては、例えば、穴径30 μm 以下、好ましくは5～20 μm の微小貫通孔が、気孔率で50%以下の状態で存在すれば良い。

更に、下層パッド534aは、ある程度の固さであることが好ましく、

例えば、その引張り強度が 5 ~ 100 kg/cm²、曲げ弾性強度が 200 ~ 10000 kg/cm² 程度であればよい。

この下層パッド 534a は、更に親水性の材料であることが好ましく、例えば下記に示す材料に対し親水化処理または親水基を重合させたものが用いられる。このような材料の例としては、多孔ポリエチレン(PE)、多孔ポリプロピレン(PP)、多孔ポリアミド、多孔ポリカーボネートまたは多孔ポリイミド等が挙げられる。このうち、多孔ポリエチレン、多孔ポリプロピレン、多孔ポリアミド等は、超高分子の PE、PP、ポリアミド等の細かい粉を原料とし、これを押し固め、焼結成形することにより調製したものであり、フルダス S (三菱樹脂(株) 製)、サンファイン UF、サンファイン AQ (ともに旭化成(株) 製)、Spacy (スペイシー・ケミカル社製) 等の商品名で市販されている。また、多孔ポリカーボネートは、例えば、ポリカーボネートフィルムにアクセラレーターで加速した高エネルギーの重金属(銅等)を貫通させ、これにより生成する直線上のトラック(軌跡)を選択的にエッチングすることにより調製されるものである。

下層パッド 534a は、基板 W の表面と接触する面(表面)を圧縮加工、機械加工等により平坦化加工したものであっても良く、これにより、微小溝でのより高い優先析出が期待できる。

一方、めっき液含浸材 532 は、アルミナ、SiC、ムライト、ジルコニア、チタニア、コーボライト等の多孔質セラミックスまたはポリプロピレンやポリエチレンの焼結体等の硬質多孔質体、あるいはこれらの複合体、更には織布や不織布で構成される。例えば、アルミナ系セラミックスにあっては、ポア径 30 ~ 200 μm、SiC にあっては、ポア径 30 μm 以下、気孔率 20 ~ 95%、厚み 1 ~ 20 mm、好ましくは 5 ~ 20 mm、更に好ましくは 8 ~ 15 mm 程度のものが使用される。この例では、例えば気孔率 30%、平均ポア径 100 μm でアルミナ製

の多孔質セラミックス板から構成されている。そして、この内部にめっき液を含有させることで、つまり多孔質セラミックス板自体は絶縁体であるが、この内部にめっき液を複雑に入り込ませ、厚さ方向にかなり長い経路を辿らせることで、めっき液の電気伝導率より小さい電気伝導率を有するように構成されている。

このようにめっき液含浸材 532 をアノード室 530 内に配し、このめっき液含浸材 532 によって大きな抵抗を発生させることで、シード層 6 (図 1A 参照) の抵抗の影響を無視できる程度となし、基板 W の表面の電気抵抗による電流密度の面内差を小さくして、めっき膜の面内均一性を向上させることができる。

電極ヘッド 502 には、基板ステージ 504 で保持した基板 W の表面 (被めっき面) に下層パッド 534a を任意の圧力で押圧し該表面から離間させる、この例では、3 つのエアバッグを有する押圧離間機構が備えられている。つまり、この例では、回転ハウジング 520 の天井壁の下面と上下動ハウジング 522 の天井壁の上面との間に、リング状の第 1 エアバッグ 540 が配置され、上下動ハウジング 522 の内部の該上下動ハウジング 522 の天井壁の下面とアノード 526 の上面との間に、リング状の第 2 エアバッグ 542 が配置されている。更に、上下動ハウジング 522 の中央部には、上方に突出して回転ハウジング 520 の上方に達する有底円筒体 544 が連接され、この有底円筒体 544 の天井壁の下面と回転ハウジング 520 の天井壁の上面との間に、円状の第 3 エアバッグ 546 が配置されている。なお、これらのエアバッグ 540, 542, 546 は、加圧流体導入管 550, 552, 554 を介して、加圧流体供給源 (図示せず) に接続されている。これらのエアバッグ 540, 542, 546 によって、押圧離間機構が構成されている。

つまり、揺動アーム 500 を所定の位置 (プロセス位置) に上下動不能に固定した状態で、図 3 に示すように、第 1 エアバッグ 540 の内部

を圧力 P_1 で、第 2 エアバッグ 542 の内部を圧力 P_2 で、第 3 エアバッグ 546 の内部を圧力 P_4 でそれぞれ加圧することで、基板ステージ 504 で保持した基板 W の表面（被めっき面）に下層パッド 534a を任意の圧力で押圧する。そして、上記圧力 P_1 、 P_2 、 P_4 を大気圧に戻すことで、下層パッド 534a を基板 W の表面から離間させる。これにより、第 1 エアバッグ 540 及び第 3 エアバッグ 546 を介して上下動ハウジング 522 をその水平方向の全面に亘ってより均一に押圧し、また第 2 エアバッグ 542 を介して、アノード室 530 内のアノード 526 をその全面に亘ってより均一に押圧して、下層パッド 534a をその全面に亘ってより均一に基板ステージ 504 で保持した基板 W の全面に密着させることができる。

上下動ハウジング 522 には、この内部にめっき液を導入するめっき液導入管 556 と、加圧流体を導入する加圧流体導入管 558 が取付けられており、アノード 526 の内部には、多数の細孔 526a が設けられている。これにより、めっき液 Q は、めっき液導入管 556 からアノード室 530 内に導入され、アノード室 530 の内部を圧力 P_3 で加圧することで、アノード 526 の細孔 526a 内を通過してめっき液含浸材 532 の上面に達し、この内部から多孔質パッド 534（上層パッド 534b 及び下層パッド 534a）の内部を通過して、基板ステージ 504 で保持した基板 W の上面に達する。

なお、アノード室 530 の内部は、化学反応により発生するガスも含み、このため、圧力が変化することがある。このため、アノード室 530 内の圧力 P_3 は、プロセス中のフィードバック制御によりある設定値にコントロールされるようになっている。

ここで、アノード 526 は、例えば、銅めっきを行う場合にあっては、スライムの生成を抑制するため、含有量が 0.03～0.05% のリンを含む銅（含リン銅）で構成されている。アノード 526 は、白金、チ

タン等の不溶解性金属あるいは金属上に白金等をめっきした不溶解性電極であってもよく、交換等が不要なことから、不溶解性金属あるいは不溶解性電極であることが好ましい。更に、めっき液の流通のしやすさ等から、網状であってもよい。

カソード電極512はめっき電源560の陰極に、アノード526はめっき電源560の陽極にそれぞれ電気的に接続される。上下動ハウジング522には、めっき電源560に接続されてアノード526に給電するための給電ポート562が設けられている。

次に、このめっき装置18でめっきを行う時の操作について、図4を更に参照して説明する。

先ず、基板ステージ504の上面に基板Wを吸着保持した状態で、基板ステージ504を上昇させて、基板Wの周縁部をカソード電極512に接触させて通電可能な状態となし、更に上昇させて、基板Wの周縁部上面にシール材514を圧接させ、基板Wの周縁部をシール材514で水密的にシールする。

一方、電極ヘッド502にあっては、アイドリングを行ってめっき液の置換及び泡抜き等を行っている位置（アイドリング位置）から、めっき液Qを内部に保持した状態で、所定の位置（プロセス位置）に位置させる。つまり、揺動アーム500を一旦上昇させ、更に旋回させることで、電極ヘッド502を基板ステージ504の直上方位置に位置させ、かかる後、下降させて所定の位置（プロセス位置）に達した時に停止させる。そして、アノード室530内を圧力P₃に加圧して、電極ヘッド502で保持しためっき液Qを多孔質パッド534の下面から吐出させる。

次に、エアバッグ540, 542, 546内に加圧空気を導入し、同時に基板ステージ504の加圧用凹部504c内にも加圧空気を導入し、これによって、上下動ハウジング522を下降させて、更に下層パッド

534aを下方に押付け、同時に基板ステージ504で保持した基板もこの裏面側から加圧して、下層パッド534aを基板の表面（被めっき面）に所定の圧力で押圧する。これにより、基板Wをより水平な状態に維持し、かつ基板Wの全面により均一な圧力で下層パッド534aを押圧することができる。

この状態で、電極ヘッド502及び基板ステージ504を回転（自転）させる。これにより、めっきに先だって、下層パッド534aを基板ステージ504で保持した基板Wの被めっき面に任意の圧力で押圧しつつ、両者を相対移動させることで、下層パッド534aと基板Wとの密着性を高める。

そして、電極ヘッド502及び基板ステージ504の回転を停止した後、カソード電極512をめっき電源560の陰極に、アノード526をめっき電源560の陽極にそれぞれ接続し、これによって、基板Wの被めっき面にめっきを施す。このように、下層パッド534aを基板ステージ504で保持した基板Wの被めっき面に任意の圧力で押圧し、しかも両者の密着性を高めた状態でめっきを行うことで、下層パッド534aと基板Wの被めっき面のトレンチ等の配線用の微細凹部以外の部分（パターン部以外の部分）との間における隙間をできるだけ小さくして、基板に設けた配線用の微細凹部の内部にめっき膜を選択的に析出させることができる。

そして、所定時間めっきを継続した後、カソード電極512及びアノード526のめっき電源560との接続を解くとともに、アノード室530内を大気圧に戻し、更にエアバッグ540, 542, 546内を大気圧に戻して、下層パッド534aを基板Wから離す。これによって、下層パッド534aと基板Wとの間のめっき液をリフレッシュ（入れ換え）させる。

次に、前述と同様に、エアバッグ540, 542, 546内に加圧流

体を導入して下層パッド 534a を基板に所定の圧力で押圧し、更にアノード室 530 内にも加圧流体を導入し、この状態で、電極ヘッド 502 及び基板ステージ 504 を回転させ、この回転を停止させた後、カソード電極 512 及びアノード 526 をめっき電源 560 に接続してめっきを行う。このように、プロセスの途中で下層パッド 534a を基板ステージ 504 で保持した基板 W から離して、下層パッド 534a と基板 W との間のめっき液をリフレッシュ（入れ換え）させ、しかる後、再度めっきを行うことで、基板に設けた配線用の微細凹部の内部にめっき膜を選択的に効率よく析出させることができる。しかも、下層パッド 534a を基板 W の被めっき面に押圧する圧力を任意に調整することで、基板 W の被めっき面や成膜中のめっき膜が下層パッド 534a によってダメージを受けることを防止することができる。

上記操作を必要に応じて複数回に亘って繰り返し（図 4 は、2 回繰り返した状態を示している）、しかる後、エアバッグ 540, 542, 546、基板ステージ 504 の加圧用凹部 504c、更にはアノード室 530 を大気圧に戻し、揺動アーム 500 を上昇させ、更に旋回させて元の位置（アイドリング位置）に戻す。

図 5 は、めっき液の組成や液温等を管理してめっき装置に供給するめっき液管理供給システムを示す。図 5 に示すように、めっき装置 18 の電極ヘッド 502 を浸漬させてアイドリングを行うめっき液トレー 600 が備えられ、このめっき液トレー 600 は、めっき液排出管 602 を介してリザーバ 604 に接続されており、めっき液排出管 602 を通して排出されためっき液は、リザーバ 604 に入る。

そして、このリザーバ 604 に入っためっき液は、ポンプ 606 の駆動に伴って、めっき液調整タンク 608 に入る。このめっき液調整タンク 608 には、温度コントローラ 610 や、サンプル液を取出して分析するめっき液分析ユニット 612 が付設され、更に、めっき液分析ユニ

ット 612 の分析によって不足する成分を補給する成分補給管 614 が接続されている。めっき液調整タンク 608 内のめっき液は、ポンプ 616 の駆動に伴って、めっき液供給管 618 に沿って流れ、フィルタ 620 を通過して、めっき液トレー 600 に戻される。

このように、めっき液調整タンク 608 でめっき液の組成及び温度を一定に調整し、この調整しためっき液をめっき装置 18 の電極ヘッド 502 に供給して、該電極ヘッド 502 で保持することで、めっき装置 18 の電極ヘッド 502 に、常に一定の組成及び温度を有するめっき液を供給することができる。

図 6 及び図 7 は、基板 W を洗浄（リシス）し乾燥させるようにした洗浄・乾燥装置 20 の一例を示す。つまり、この洗浄・乾燥装置 20 は、まず化学洗浄及び純水洗浄（リシス）を行い、その後、スピンドル回転により洗浄後の基板 W を完全乾燥させるようにした装置であり、基板 W のエッジ部を把持するクランプ機構 420 を備えた基板ステージ 422 と、このクランプ機構 420 の開閉を行う基板着脱用昇降プレート 424 とを備えている。

基板ステージ 422 は、スピンドル回転用モータ（図示せず）の駆動に伴って高速回転するスピンドル 426 の上端に連結されている。また、クランプ機構 420 で把持した基板 W の周囲には、処理液の飛散を防止する洗浄カップ 428 が配置されており、この洗浄カップ 428 は図示しないシリングダの作動に伴って上下動する。

また、洗浄・乾燥装置 20 は、クランプ機構 420 で把持した基板 W の表面に処理液を供給する薬液用ノズル 430 と、基板 W の裏面に純水を供給する複数の純水用ノズル 432 と、クランプ機構 420 で把持した基板 W の上方に配置された回転可能なペンシル型洗浄スポンジ 434 とを備えている。この洗浄スポンジ 434 は、水平方向に揺動可能な旋回アーム 436 の自由端に取付けられている。なお、洗浄・乾燥装置 2

0の上部には、装置内にクリーンエアを導入するためのクリーンエア導入口438が設けられている。

このような構成の洗浄・乾燥装置20においては、基板Wをクランプ機構420で把持して回転させ、旋回アーム436を旋回させながら、薬液用ノズル430から処理液を洗浄スポンジ434に向けて供給しつつ、基板Wの表面に洗浄スポンジ434を擦り付けることで、基板Wの表面の洗浄を行う。そして、純水用ノズル432から基板Wの裏面に純水が供給され、この純水用ノズル432から噴射される純水で基板Wの裏面も同時に洗浄（ rinsing ）される。このようにして洗浄された基板Wは、スピンドル426を高速回転させることでスピンドル乾燥させられる。

図8にベルエッチング・裏面洗浄装置22の一例を示す。このベルエッチング・裏面洗浄装置22は、基板のエッジ（ベル）部に付着した銅層7（図1B参照）のエッチングと裏面洗浄を同時に行い、しかも、基板表面に設けた回路形成部における銅の自然酸化膜の成長を抑えるようにしたもので、有底円筒状の防水カバー920の内部に位置して基板Wをフェースアップでその周縁部の円周方向に沿った複数箇所でスピンドルチャック921により水平に保持して高速回転させる基板ステージ922と、この基板ステージ922で保持された基板Wの表面側のほぼ中央部上方に配置されたセンターノズル924と、基板Wの周縁部の上方に配置されたエッジノズル926とを備えている。センターノズル924及びエッジノズル926は、それぞれ下向きで配置されている。また基板Wの裏面側のほぼ中央部の下方に位置して、バックノズル928が上向きで配置されている。前記エッジノズル926は、基板Wの直径方向及び高さ方向を移動自在に構成されている。

このエッジノズル926は、基板の外周端面から中心部方向に沿った任意の位置に位置決め可能になっていて、その移動幅Lは、基板Wの大きさや使用目的等に合わせて任意に設定される。通常、2mmから5m

mの範囲でエッジカット幅Cを設定し、裏面から表面への液の回り込み量が問題にならない回転速度以上であれば、その設定されたカット幅C内の銅層等を除去することができる。

次に、このベルエッチング・裏面洗浄装置22による洗浄方法について説明する。まず、スピンドラック921を介して基板Wを基板ステージ922で水平に保持した状態で、基板Wを基板ステージ922と一緒に水平回転させる。この状態で、センターノズル924から基板Wの表面側の中央部に酸溶液を供給する。この酸溶液としては非酸化性の酸であればよく、例えばフッ酸、塩酸、硫酸、クエン酸、蔥酸等を用いる。一方、エッジノズル926から基板Wの周縁部に酸化剤溶液を連続的または間欠的に供給する。この酸化剤溶液としては、オゾン水、過酸化水素水、硝酸水、次亜塩素酸ナトリウム水等のいずれかを用いるか、またはそれらの組み合わせを用いる。

これにより、基板Wの周縁部のエッジカット幅Cの領域では上面及び端面に成膜された銅層等は酸化剤溶液で急速に酸化され、同時にセンターノズル924から供給されて基板の表面全面に拡がる酸溶液によってエッチングされ溶解除去される。このように、基板周縁部で酸溶液と酸化剤溶液を混合させることで、予めそれらの混合水をノズルから供給するのに比べて急峻なエッチングプロフィールを得ることができる。このときそれらの濃度により銅のエッチングレートが決定される。また、基板の表面の回路形成部に銅の自然酸化膜が形成されていた場合、この自然酸化物は基板の回転に伴って基板の表面全面に亘って広がる酸溶液で直ちに除去されて成長することはない。なお、センターノズル924からの酸溶液の供給を停止した後、エッジノズル926からの酸化剤溶液の供給を停止することで、表面に露出しているシリコンを酸化して、銅の付着を抑制することができる。

一方、バックノズル928から基板の裏面中央部に酸化剤溶液とシリ

コン酸化膜エッティング剤とを同時または交互に供給する。これにより基板Wの裏面側に金属状で付着している銅等を基板のシリコンごと酸化剤溶液で酸化しシリコン酸化膜エッティング剤でエッティングして除去することができる。なおこの酸化剤溶液としては表面に供給する酸化剤溶液と同じものにする方が薬品の種類を少なくする上で好ましい。またシリコン酸化膜エッティング剤としては、フッ酸を用いることができ、基板の表面側の酸溶液もフッ酸を用いると薬品の種類を少なくすることができる。これにより、酸化剤供給を先に停止すれば疎水面が得られ、エッティング剤溶液を先に停止すれば飽水面（親水面）が得られて、その後のプロセスの要求に応じた裏面に調整することもできる。

このように酸溶液すなわちエッティング液を基板Wに供給して、基板Wの表面に残留する金属イオンを除去した後、更に純水を供給して、純水置換を行ってエッティング液を除去し、その後、スピinn乾燥を行う。このようにして基板表面の周縁部のエッジカット幅C内の銅層の除去と裏面の銅汚染除去を同時にやって、この処理を、例えば80秒以内に完了させることができる。なお、エッジのエッジカット幅を任意（2～5mm）に設定することが可能であるが、エッティングに要する時間はカット幅に依存しない。

図9及び図10は、熱処理（アニール）装置26を示す。この熱処理装置26は、基板Wを出し入れするゲート1000を有するチャンバ1002の内部に位置して、基板Wを、例えば400°Cに加熱するホットプレート1004と、例えば冷却水を流して基板Wを冷却するクールプレート1006が上下に配置されている。また、クールプレート1006の内部を貫通して上下方向に延び、上端に基板Wを載置保持する複数の昇降ピン1008が昇降自在に配置されている。更に、アニール時に基板Wとホットプレート1004との間に酸化防止用のガスを導入するガス導入管1010と、該ガス導入管1010から導入され、基板Wと

ホットプレート1004との間を流れたガスを排気するガス排気管1012がホットプレート1004を挟んで互いに対峙する位置に配置されている。

ガス導入管1010は、内部にフィルタ1014aを有するN₂ガス導入路1016内を流れるN₂ガスと、内部にフィルタ1014bを有するH₂ガス導入路1018内を流れるH₂ガスとを混合器1020で混合し、この混合器1020で混合したガスが流れる混合ガス導入路1022に接続されている。

これにより、ゲート1000を通じてチャンバ1002の内部に搬入した基板Wを昇降ピン1008で保持し、昇降ピン1008を該昇降ピン1008で保持した基板Wとホットプレート1004との距離が、例えば0.1～1.0mm程度となるまで上昇させる。この状態で、ホットプレート1004を介して基板Wを、例えば400℃となるように加熱し、同時にガス導入管1010から酸化防止用のガスを導入して基板Wとホットプレート1004との間を流してガス排気管1012から排気する。これによって、酸化を防止しつつ基板Wをアニールし、このアニールを、例えば数十秒～60秒程度継続してアニールを終了する。基板の加熱温度は100～600℃が選択される。

アニール終了後、昇降ピン1008を該昇降ピン1008で保持した基板Wとクールプレート1006との距離が、例えば0～0.5mm程度となるまで下降させる。この状態で、クールプレート1006内に冷却水を導入することで、基板Wの温度が100℃以下となるまで、例えば10～60秒程度、基板を冷却し、この冷却終了後の基板を次工程に搬送する。

なお、この例では、酸化防止用のガスとして、N₂ガスと数%のH₂ガスを混合した混合ガスを流すようにしているが、N₂ガスのみを流すようにしてもよい。

図11乃至図17は、基板の無電解めっきの前処理を行う前処理装置28を示す。この前処理装置28は、フレーム50の上部に取付けた固定枠52と、この固定枠52に対して相対的に上下動する移動枠54を備えており、この移動枠54に、下方に開口した有底円筒状のハウジング部56と基板ホルダ58とを有する処理ヘッド60が懸架支持されている。つまり、移動枠54には、ヘッド回転用サーボモータ62が取付けられ、このサーボモータ62の下方に延びる出力軸（中空軸）64の下端に処理ヘッド60のハウジング部56が連結されている。

この出力軸64の内部には、図14に示すように、スライイン66を介して該出力軸64と一緒に回転する鉛直軸68が挿着され、この鉛直軸68の下端に、ボールジョイント70を介して処理ヘッド60の基板ホルダ58が連結されている。この基板ホルダ58は、ハウジング部56の内部に位置している。また鉛直軸68の上端は、軸受72及びブレケットを介して、移動枠54に固定した固定リング昇降用シリンダ74に連結されている。これにより、この昇降用シリンダ74の作動に伴って、鉛直軸68が出力軸64とは独立に上下動するようになっている。

また、固定枠52には、上下方向に延びて移動枠54の昇降の案内となるリニアガイド76が取付けられ、ヘッド昇降用シリンダ（図示せず）の作動に伴って、移動枠54がリニアガイド76を案内として昇降するようになっている。

処理ヘッド60のハウジング部56の周壁には、この内部に基板Wを挿入する基板挿入窓56aが設けられている。また、処理ヘッド60のハウジング部56の下部には、図15及び図16に示すように、例えばPEEK製のメインフレーム80と、例えばポリエチレン製のガイドフレーム82との間に周縁部を挟持されてシールリング84が配置されている。このシールリング84は、基板Wの下面の周縁部に当接し、ここをシールするためのものである。

一方、基板ホルダ58の下面周縁部には、基板固定リング86が固着され、この基板ホルダ58の基板固定リング86の内部に配置したスプリング88の弾性力を介して、円柱状のブッシャ90が基板固定リング86の下面から下方に突出するようになっている。更に、基板ホルダ58の上面とハウジング部56の上壁部との間には、内部を気密的にシールする、例えばテフロン（登録商標）製で屈曲自在な円筒状の蛇腹板92が配置されている。

これにより、基板ホルダ58を上昇させた状態で、基板Wを基板挿入窓56aからハウジング部56の内部に挿入する。すると、この基板Wは、ガイドフレーム82の内周面に設けたテーパ面82aに案内され、位置決めされてシールリング84の上面の所定の位置に載置される。この状態で、基板ホルダ58を下降させ、この基板固定リング86のブッシャ90を基板Wの上面に接触させる。そして、基板ホルダ58を更に下降させることで、基板Wをスプリング88の弾性力で下方に押圧し、これによって基板Wの表面（下面）の周縁部にシールリング84で圧接させて、ここをシールしつつ、基板Wをハウジング部56と基板ホルダ58との間で挟持して保持するようになっている。

なお、このように、基板Wを基板ホルダ58で保持した状態で、ヘッド回転用サーボモータ62を駆動すると、この出力軸64と該出力軸64の内部に挿着した鉛直軸68がスライン66を介して一体に回転し、これによって、ハウジング部56と基板ホルダ58も一体に回転する。

処理ヘッド60の下方に位置して、該処理ヘッド60の外径よりもやや大きい内径を有し、上方に開口した外槽100aと内槽100bを有する処理槽100が備えられている。処理槽100の外周部には、蓋体102に取付けた一対の脚部104が回転自在に支承されている。更に、脚部104には、クランク106が一体に連結され、このクランク106の自由端は、蓋体移動用シリンダ108のロッド110に回転自在に

連結されている。これにより、蓋体移動用シリンドラ 108 の作動に伴って、蓋体 102 は、処理槽 100 の上端開口部を覆う処理位置と、側方の待避位置との間を移動するよう構成されている。この蓋体 102 の表面（上面）には、下記のように、例えば還元力を有する電解イオン水を外方（上方）に向けて噴射する多数の噴射ノズル 112a を有するノズル板 112 が備えられている。

更に、図 17 に示すように、処理槽 100 の内槽 100b の内部には、薬液タンク 120 から薬液ポンプ 122 の駆動に伴って供給された薬液を上方に向けて噴射する複数の噴射ノズル 124a を有するノズル板 124 が、該噴射ノズル 124a が内槽 100b の横断面の全面に亘ってより均等に分布した状態で配置されている。この内槽 100b の底面には、薬液（排液）を外部に排出する排水管 126 が接続されている。この排水管 126 の途中には、三方弁 128 が介装され、この三方弁 128 の一つの出口ポートに接続された戻り管 130 を介して、必要に応じて、この薬液（排液）を薬液タンク 120 に戻して再利用できるようになっている。更に、この例では、蓋体 102 の表面（上面）に設けられたノズル板 112 は、例えば純水等のリシス液を供給するリシス液供給源 132 に接続されている。また、外槽 100a の底面にも、排水管 127 が接続されている。

これにより、基板を保持した処理ヘッド 60 を下降させて、処理槽 100 の上端開口部を処理ヘッド 60 で塞ぐように覆い、この状態で、処理槽 100 の内槽 100b の内部に配置したノズル板 124 の噴射ノズル 124a から薬液を基板 W に向けて噴射することで、基板 W の下面（処理面）の全面に亘って薬液を均一に噴射し、しかも薬液の外部への飛散を防止しつつ薬液を排水管 126 から外部に排出できる。更に、処理ヘッド 60 を上昇させ、処理槽 100 の上端開口部を蓋体 102 で閉塞した状態で、処理ヘッド 60 で保持した基板 W に向けて、蓋体 102 の上

面に配置したノズル板 112 の噴射ノズル 112a からリンス液を噴射することで、基板表面に残った薬液のリンス処理（洗浄処理）を行い、しかもこのリンス液は外槽 100a と内槽 100b の間を通って、排水管 127 を介して排出されるので、内槽 100b の内部に流入することが防止され、リンス液が薬液に混ざらないようになっている。

この前処理装置 28 によれば、図 11 に示すように、処理ヘッド 60 を上昇させた状態で、この内部に基板 W を挿入して保持し、かかる後、図 12 に示すように、処理ヘッド 60 を下降させて処理槽 100 の上端開口部を覆う位置に位置させる。そして、処理ヘッド 60 を回転させて、処理ヘッド 60 で保持した基板 W を回転させながら、処理槽 100 の内部に配置したノズル板 124 の噴射ノズル 124a から薬液を基板 W に向けて噴射することで、基板 W の全面に亘って薬液を均一に噴射する。また、処理ヘッド 60 を上昇させて所定位置で停止させ、図 13 に示すように、待避位置にあった蓋体 102 を処理槽 100 の上端開口部を覆う位置まで移動させる。そして、この状態で、処理ヘッド 60 で保持して回転させた基板 W に向けて、蓋体 102 の上面に配置したノズル板 112 の噴射ノズル 112a からリンス液を噴射する。これにより、基板 W の薬液による処理と、リンス液によるリンス処理とを、2 つの液体が混ざらないようにしながら行うことができる。

なお、処理ヘッド 60 の下降位置を調整して、この処理ヘッド 60 で保持した基板 W とノズル板 124 との距離を調整することで、ノズル板 124 の噴射ノズル 124a から噴射された薬液が基板 W に当たる領域や噴射圧を任意に調整することができる。ここで、薬液等の前処理液を循環させて使用すると、処理に伴って有効成分が減少するとともに、基板に付着することによる前処理液（薬液）の持ち出しがあるので、前処理液の組成を分析し、不足分を添加するための前処理液管理ユニット（図示せず）を併置することが好ましい。具体的には、清浄化に使われる薬

液は、酸乃至アルカリが主体であるので、例えばpHを測定し、所定の値との差から減少分を補給するとともに、薬液貯槽に設けた液面計により減少量を補給することができる。また、触媒液については、たとえば酸性のパラジウム溶液の場合には、pHにより酸の量を、また滴定法ないし比濁法によりパラジウムの量を測定し、同様にして減少量を補給することができる。

図18乃至図24に無電解めっき装置30を示す。この無電解めっき装置30は、図1Dに示す保護膜9を形成するためのものあり、めっき槽200（図22及び図24参照）と、このめっき槽200の上方に配置されて基板Wを着脱自在に保持する基板ヘッド204を有している。

基板ヘッド204は、図18に詳細に示すように、ハウジング部230とヘッド部232とを有し、このヘッド部232は、吸着ヘッド234と該吸着ヘッド234の周囲を囲繞する基板受け236から主に構成されている。そして、ハウジング部230の内部には、基板回転用モータ238と基板受け駆動用シリンダ240が収納され、この基板回転用モータ238の出力軸（中空軸）242の上端はロータリジョイント244に、下端はヘッド部232の吸着ヘッド234にそれぞれ連結され、基板受け駆動用シリンダ240のロッドは、ヘッド部232の基板受け236に連結されている。更に、ハウジング部230の内部には、基板受け236の上昇を機械的に規制するストップ246が設けられている。

ここで、吸着ヘッド234と基板受け236との間には、前述と同様なスライン構造が採用され、基板受け駆動用シリンダ240の作動に伴って基板受け236は吸着ヘッド234と相対的に上下動するが、基板回転用モータ238の駆動によって出力軸242が回転すると、この出力軸242の回転に伴って、吸着ヘッド234と基板受け236が一体に回転するように構成されている。

吸着ヘッド234の下面周縁部には、図19乃至図21に詳細に示す

ように、下面をシール面として基板Wを吸着保持する吸着リング250が押えリング251を介して取付けられ、この吸着リング250の下面に円周方向に連続させて設けた凹状部250aと吸着ヘッド234内を延びる真空ライン252とが吸着リング250に設けた連通孔250bを介して互いに連通するようになっている。これにより、凹状部250a内を真空引きすることで、基板Wを吸着保持するのであり、このように、小さな幅（径方向）で円周状に真空引きして基板Wを保持することで、真空による基板Wへの影響（たわみ等）を最小限に抑え、しかも吸着リング250をめっき液（処理液）中に浸することで、基板Wの表面（下面）のみならず、エッジについても、全てめっき液に浸すことが可能となる。基板Wのリリースは、真空ライン252にN₂を供給して行う。

一方、基板受け236は、下方に開口した有底円筒状に形成され、その周壁には、基板Wを内部に挿入する基板挿入窓236aが設けられ、下端には、内方に突出する円板状の爪部254が設けられている。更に、この爪部254の上部には、基板Wの案内となるテーパ面256aを内周面に有する突起片256が備えられている。

これにより、図19に示すように、基板受け236を下降させた状態で、基板Wを基板挿入窓236aから基板受け236の内部に挿入する。すると、この基板Wは、突起片256のテーパ面256aに案内され、位置決めされて爪部254の上面の所定位置に載置保持される。この状態で、基板受け236を上昇させ、図20に示すように、この基板受け236の爪部254上に載置保持した基板Wの上面を吸着ヘッド234の吸着リング250に当接させる。次に、真空ライン252を通して吸着リング250の凹状部250aを真空引きすることで、基板Wの上面の周縁部を該吸着リング250の下面にシールしながら基板Wを吸着保持する。そして、めっき処理を行う際には、図21に示すように、基板受け236を数mm下降させ、基板Wを爪部254から離して、吸着リ

ング 250 のみで吸着保持した状態となす。これにより、基板 W の表面（下面）の周縁部が、爪部 254 の存在によってめっきされなくなることを防止することができる。

図 22 は、めっき槽 200 の詳細を示す。このめっき槽 200 は、底部において、めっき液供給管 308（図 24 参照）に接続され、周壁部にめっき液回収溝 260 が設けられている。めっき槽 200 の内部には、ここを上方に向かって流れるめっき液の流れを安定させる 2 枚の整流板 262, 264 が配置され、更に底部には、めっき槽 200 の内部に導入されるめっき液の液温を測定する温度測定器 266 が設置されている。また、めっき槽 200 の周壁外周面のめっき槽 200 で保持しためっき液の液面よりやや上方に位置して、直径方向のやや斜め上方に向けてめっき槽 200 の内部に、pH が 6 ~ 7.5 の中性液からなる停止液、例えば純水を噴射する噴射ノズル 268 が設置されている。これにより、めっき終了後、ヘッド部 232 で保持した基板 W をめっき液の液面よりやや上方まで引き上げて一旦停止させ、この状態で、基板 W に向けて噴射ノズル 268 から純水（停止液）を噴射して基板 W を直ちに冷却し、これによって、基板 W に残っためっき液によってめっきが進行してしまうことを防止することができる。

更に、めっき槽 200 の上端開口部には、アイドリング時等のめっき処理の行われていない時に、めっき槽 200 の上端開口部を閉じて該めっき槽 200 からのめっき液の無駄な蒸発を防止するめっき槽カバー 270 が開閉自在に設置されている。

このめっき槽 200 は、図 24 に示すように、底部において、めっき液貯槽 302 から延び、途中にめっき液供給ポンプ 304 と三方弁 306 とを介装しためっき液供給管 308 に接続されている。これにより、めっき処理中にあっては、めっき槽 200 の内部に、この底部からめっき液を供給し、溢れるめっき液をめっき液回収溝 260 からめっき液貯

槽302へ回収することで、めっき液が循環できるようになっている。また、三方弁306の一つの出口ポートには、めっき液貯槽302に戻るめっき液戻り管312が接続されている。これにより、めっき待機時にあっても、めっき液を循環させることができるようになっており、これによって、めっき液循環系が構成されている。このように、めっき液循環系を介して、めっき液貯槽302内のめっき液を常時循環させることにより、単純にめっき液を貯めておく場合に比べてめっき液の濃度の低下率を減少させ、基板Wの処理可能数を増大させることができる。

特に、この例では、めっき液供給ポンプ304を制御することで、めっき待機時及びめっき処理時に循環するめっき液の流量を個別に設定できるようになっている。すなわち、めっき待機時のめっき液の循環流量は、例えば2～20L/minで、めっき処理時のめっき液の循環流量は、例えば0～10L/minに設定される。これにより、めっき待機時にめっき液の大きな循環流量を確保して、セル内のめっき浴の液温を一定に維持し、めっき処理時には、めっき液の循環流量を小さくして、より均一な膜厚の保護膜（めっき膜）を成膜することができる。

めっき槽200の底部付近に設けられた温度測定器266は、めっき槽200の内部に導入されるめっき液の液温を測定して、この測定結果を元に、下記のヒータ316及び流量計318を制御する。

つまり、この例では、別置きのヒータ316を使用して昇温させ流量計318を通過させた水を熱媒体に使用し、熱交換器320をめっき液貯槽302内のめっき液中に設置して該めっき液を間接的に加熱する加熱装置322と、めっき液貯槽302内のめっき液を循環させて攪拌する攪拌ポンプ324が備えられている。これは、無電解めっきにあっては、めっき液を高温（約80°C程度）にして使用することがあり、これと対応するためであり、この方法によれば、インライン・ヒーティング方式に比べ、非常にデリケートなめっき液に不要物等が混入するのを防

止することができる。

図23は、めっき槽200の側方に付設されている洗浄槽202の詳細を示す。この洗浄槽202の底部には、純水等のリンス液を上方に向けて噴射する複数の噴射ノズル280がノズル板282に取付けられて配置され、このノズル板282は、ノズル上下軸284の上端に連結されている。更に、このノズル上下軸284は、ノズル位置調整用ねじ287と該ねじ287と螺合するナット288との螺合位置を変えることで上下動し、これによって、噴射ノズル280と該噴射ノズル280の上方に配置される基板Wとの距離を最適に調整できるようになっている。

更に、洗浄槽202の周壁外周面の噴射ノズル280より上方に位置して、直径方向のやや斜め下方に向けて洗浄槽202の内部に純水等の洗浄液を噴射して、基板ヘッド204のヘッド部232の、少なくともめっき液に接液する部分に洗浄液を吹き付けるヘッド洗浄ノズル286が設置されている。

この洗浄槽202にあっては、基板ヘッド204のヘッド部232で保持した基板Wを洗浄槽202内の所定の位置に配置し、噴射ノズル280から純水等の洗浄液（リンス液）を噴射して基板Wを洗浄（リンス）するのであり、この時、ヘッド洗浄ノズル286から純水等の洗浄液を同時に噴射して、基板ヘッド204のヘッド部232の、少なくともめっき液に接液する部分を該洗浄液で洗浄することで、めっき液に浸された部分に析出物が蓄積してしまうことを防止することができる。

この無電解めっき装置30にあっては、基板ヘッド204を上昇させた位置で、前述のようにして、基板ヘッド204のヘッド部232で基板Wを吸着保持し、同時にめっき槽200のめっき液を循環させておく。

そして、めっき処理を行うときには、めっき槽200のめっき槽カバー270を開き、基板ヘッド204を回転させながら下降させ、ヘッド部232で保持した基板Wをめっき槽200内のめっき液に浸漬させる。

そして、基板Wを所定時間めっき液中に浸漬させた後、基板ヘッド204を上昇させて、基板Wをめっき槽200内のめっき液から引き上げ、必要に応じて、前述のように、基板Wに向けて噴射ノズル268から純水（停止液）を噴射して基板Wを直ちに冷却し、更に基板ヘッド204を上昇させて基板Wをめっき槽200の上方位置まで引き上げて、基板ヘッド204の回転を停止させる。

次に、基板ヘッド204のヘッド部232で基板Wを吸着保持したまま、基板ヘッド204を洗浄槽202の直上方位置に移動させる。そして、基板ヘッド204を回転させながら洗浄槽202内の所定の位置まで下降させ、噴射ノズル280から純水等の洗浄液（リンス液）を噴射して基板Wを洗浄（リンス）し、同時に、ヘッド洗浄ノズル286から純水等の洗浄液を噴射して、基板ヘッド204のヘッド部232の、少なくともめっき液に接液する部分を該洗浄液で洗浄する。

この基板Wの洗浄が終了した後、基板ヘッド204の回転を停止させ、基板ヘッド204を上昇させて基板Wを洗浄槽202の上方位置まで引き上げ、更に基板ヘッド204を搬送ロボット16との受渡し位置まで移動させ、この搬送ロボット16に基板Wを受渡して次工程に搬送する。

この無電解めっき装置30には、図24に示すように、無電解めっき装置30が保有するめっき液の液量を計測するとともに、例えば吸光光度法、滴定法、電気化学的測定などでめっき液の組成を分析し、めっき液中の不足する成分を補給するめっき液管理ユニット330が備えられている。そして、これらの分析結果を信号処理してめっき液中の不足する成分を、図示しない補給槽から定量ポンプなどを使ってめっき液貯槽302へ補給してめっき液の液量と組成を管理するようになっており、これによって、薄膜めっきを再現性良く実現できる。

このめっき液管理ユニット330は、無電解めっき装置30が保有するめっき液の溶存酸素を、例えば電気化学的方法等により測定する溶存

酸素濃度計 332 を有しており、この溶存酸素濃度計 332 の指示により、例えば脱気、窒素吹き込みその他の方法でめっき液中の溶存酸素濃度を一定に管理することができるようになっている。このように、めっき液中の溶存酸素濃度を一定に管理することで、めっき反応を再現性良く実現することができる。

なお、めっき液を繰り返し利用すると、外部からの持ち込みやそれ自身の分解によってある特定成分が蓄積し、めっきの再現性や膜質の劣化につながることがある。このような特定成分を選択的に除去する機構を追加することにより、液寿命の延長と再現性の向上を図ることができる。

図25は、研磨装置（CMP装置）32の一例を示す。この研磨装置32は、上面に研磨布（研磨パッド）820を貼付して研磨面を構成する研磨テーブル822と、基板Wをその被研磨面を研磨テーブル822に向けて保持するトップリング824とを備えている。そして、研磨テーブル822とトップリング824とをそれぞれ自転させ、研磨テーブル822の上方に設置された砥液ノズル826より砥液を供給しつつ、トップリング824により基板Wを一定の圧力で研磨テーブル822の研磨布820に押圧することで、基板Wの表面を研磨するようになっている。なお、研磨パッドとして、予め砥粒を入れた固定砥粒方式を採用したものを使用してもよい。

このようなCMP装置を用いて研磨作業を継続すると研磨布820の研磨面の研磨力が低下するが、この研磨力を回復させるために、ドレッサー828を設け、このドレッサー828によって、研磨する基板Wの交換時などに研磨布820の目立て（ドレッシング）が行われている。このドレッシング処理においては、ドレッサー328のドレッシング面（ドレッシング部材）を研磨テーブル822の研磨布820に押圧しつつ、これらを自転させることで、研磨面に付着した砥液や切削屑を除去

すると共に、研磨面の平坦化及び目立てが行なわれ、研磨面が再生される。また、研磨テーブル822に基板の表面の状態を監視するモニタを取り付け、その場（In-situ）で研磨の終点（エンドポイント）を検出してもよく、またその場（In-situ）で基板の仕上がり状態を検査するモニタを取り付けてもよい。

図26及び図27は、反転機を備えた膜厚測定器24を示す。同図に示すように、この膜厚測定器24は反転機339を備え、この反転機339は、反転アーム353, 353を備えている。この反転アーム353, 353は、基板Wの外周をその左右両側から挟み込んで保持し、これを180°回動することで反転させる機能を有する。そしてこの反転アーム353, 353（反転ステージ）の直下に円形の取付け台355を設置し、取付け台355上に複数の膜厚センサSを設置する。取付け台355は駆動機構357によって上下動自在に構成されている。

そして基板Wの反転時には、取付け台355は、基板Wの下方の実線の位置に待機しており、反転の前又は後に点線で示す位置まで上昇して膜厚センサSを反転アーム353, 353に把持した基板Wに接近させ、その膜厚を測定する。

この例によれば、搬送ロボットのアームなどの制約がないため、取付け台355上の任意の位置に膜厚センサSを設置できる。また、取付け台355は上下動自在な構成となっているので、測定時に基板Wとセンサ間の距離を調整することも可能である。また、検出目的に応じた複数の種類のセンサを取付けて、各々のセンサの測定毎に基板Wと各センサ間の距離を変更することも可能である。但し取付け台355が上下動するため、測定時間をやや要することになる。

ここで、膜厚センサSとして、例えば渦電流センサが使用される。渦電流センサは渦電流を発生させ、基板Wを導通して帰ってきた電流の周波数や損失を検出することにより膜厚を測定するものであり、非接触で

用いられる。更に膜厚センサSとしては、光学的センサも好適である。光学的センサは、試料に光を照射し、反射する光の情報から膜厚を直接的に測定することができるものであり、金属膜だけでなく酸化膜などの絶縁膜の膜厚測定も可能である。膜厚センサSの設置位置は図示のものに限定されず、測定したい箇所に任意の個数を取付ける。

次に、このように構成された基板処理装置によって、図1Aに示す、シード層6を形成した基板Wに銅配線を形成する一連の処理を、図28を更に参照して説明する。

先ず、表面にシード層6を形成した基板Wを搬送ボックス10から一枚ずつ取り出し、ロード・アンロードステーション14に搬入する。そして、このロード・アンロードステーション14に搬入した基板Wを搬送ロボット16で膜厚測定器24に搬送し、この膜厚測定器24でイニシャル膜厚（シード層6の膜厚）を測定する。しかる後、必要に応じて、基板を反転させてめっき装置18に搬送し、このめっき装置18で、図1Bに示すように、基板Wの表面に銅層7を堆積させて、銅の埋込みを行う。

そして、この銅層7を形成した基板を、搬送ロボット16で洗浄・乾燥装置20に搬送して、基板Wの純水による洗浄を行ってスピンドル乾燥させるか、またはめっき装置18にスピンドル乾燥機能が備えられている場合には、このめっき装置18で基板Wのスピンドル乾燥（液切り）を行って、この乾燥後の基板をベベルエッティング・裏面洗浄装置22に搬送する。

このベベルエッティング・裏面洗浄装置22では、基板Wのベベル（エッジ）部に付着した不要な銅をエッティング除去すると同時に、基板の裏面を純水等で洗浄し、しかる後、前述と同様に、搬送ロボット16で洗浄・乾燥装置20に搬送して、基板Wの純水による洗浄を行ってスピンドル乾燥させるか、またはベベルエッティング・裏面洗浄装置22にスピンドル乾燥機能が備えられている場合には、このベベルエッティング・裏面洗浄装

置 2 2 で基板 W のスピン乾燥を行って、この乾燥後の基板を、搬送ロボット 1 6 で熱処理装置 2 6 に搬送する。

この熱処理装置 2 6 で基板 W の熱処理（アニール）を行う。そして、この熱処理後の基板 W を搬送ロボット 1 6 で膜厚測定器 2 4 に搬送し、ここで銅の膜厚を測定し、この測定結果と前述のイニシャル膜厚の測定結果との差から、銅層 7（図 1 B 参照）の膜厚を求め、この測定後の膜厚によって、例えば次に基板に対するめっき時間を調整し、また膜厚が不足する場合には、再度めっきによる銅の追加の成膜を行う。そして、この膜厚測定後の基板 W を、搬送ロボット 1 6 により研磨装置 3 2 に搬送する。

この研磨装置 3 2 で、図 1 C に示すように、基板 W の表面に堆積した不要な銅層 7 及びシード層 6 を研磨除去して、基板 W の表面を平坦化する。この時、例えば、膜厚や基板の仕上がり具合をモニタで検査し、このモニタで終点（エンドポイント）を検知した時に、研磨を終了する。そして、この研磨後の基板 W を搬送ロボット 1 6 で洗浄・乾燥装置 2 0 に搬送し、この洗浄・乾燥装置 2 0 で基板表面を薬液で洗浄し、更に純水で洗浄（リシス）した後、高速回転させてスピン乾燥させる。そして、このスピン乾燥後の基板 W を搬送ロボット 1 6 で前処理装置 2 8 に搬送する。

この前処理装置 2 8 で、例えば基板表面への P d 触媒の付着や、基板の露出表面に付着した酸化膜の除去等の少なくとも一方のめっき前処理を行う。そして、このめっき前処理後の基板を、前述のように、搬送ロボット 1 6 で洗浄・乾燥装置 2 0 に搬送して、基板 W の純水による洗浄を行ってスピン乾燥させるか、または前処理装置 2 8 にスピン乾燥機能が備えられている場合には、この前処理装置 2 8 で基板 W のスピン乾燥（液切り）を行って、この乾燥後の基板を搬送ロボット 1 6 で無電解めっき装置 3 0 に搬送する。

この無電解めっき装置 30 で、図 1D に示すように、露出した配線 8 の表面に、例えば無電解 C o WP めっきを施して、配線 8 の外部への露出表面に、C o WP 合金膜からなる保護膜（めっき膜）9 を選択的に形成して配線 8 を保護する。この保護膜 9 の膜厚は、0.1 ~ 500 nm、好ましくは、1 ~ 200 nm、更に好ましくは、10 ~ 100 nm 程度である。この時、例えば、保護膜 9 の膜厚をモニタして、この膜厚が所定の値に達した時、つまり終点（エンドポイント）を検知した時に、無電解めっきを終了する。

そして、無電解めっきが終了した基板を、搬送ロボット 16 で洗浄・乾燥装置 20 に搬送し、この洗浄・乾燥装置 20 で基板表面を薬液で洗浄し、更に純水で洗浄（リシス）した後、高速回転させてスピンドル乾燥させる。そして、このスピンドル乾燥後の基板 W を搬送ロボット 16 でロード・アンロードステーション 14 を経由して搬送ボックス 10 内に戻す。

図 29 は、本発明の他の実施の形態のめっき装置を示す。この図 29 に示す実施の形態のめっき装置の図 3 に示すめっき装置と異なる点は、基板ステージ 504 として、その表面に平坦化した基板載置面 504e を設けたものを使用して、この基板載置面 504e の表面に基板 W を直接当接させて載置保持するようにした点にある。その他の構成は、図 3 に示すものと同様である。

図 30 は、本発明の更に他の実施の形態のめっき装置を示す。この実施の形態のめっき装置の図 3 に示すめっき装置と異なる点は、基板ステージ 504 として、その表面に凹部 504f を形成し、この凹部 504f 内にバックキングフィルム 564 を貼着したものを使用し、このバックキングフィルム 564 の表面に基板 W を当接させて載置保持するようにした点である。その他の構成は、図 3 に示すものと同様である。

図 31 は、本発明の更に他の実施の形態のめっき装置を示す。この図 31 に示す実施の形態のめっき装置の図 30 に示すめっき装置と異なる

点は、電極ヘッド 502 として、その径が基板ステージ 504 の径と比較して小径のものを使用した点にある。この例にあっては、電極ヘッド 502 の径が基板ステージ 504 の径に比較して小径であるため、電極ヘッド 502 と基板ステージ 504 を固定した状態でめっきを行うと、基板ステージ 504 で保持した基板 W の全面に亘ってめっきを行うことができない。そこで、この例にあっては、カソード電極 512 及びアノード 526 をめっき電源 560 に接続してめっきを行う際に、揺動アーム 500 を介して電極ヘッド 502 を揺動させ、同時の電極ヘッド 502 または基板ステージ 504 の少なくとも一方を回転させるようにしている。その他の構成は、図 30 に示すものと同様である。

図 32 は、本発明の更に他の実施の形態のめっき装置を示す。この実施の形態のめっき装置の図 29 に示す実施の形態のめっき装置と異なる点は、揺動アーム 500 の自由端に、回転自在で、かつ揺動アーム 500 とは独立に上下動することで押圧離間機構としての役割を果たす駆動体 580 を取付けている。そして、この駆動体 580 と、内部にアノード 526 を収納し、下端開口を多孔質体 528 で閉塞してアノード室 530 を区画形成した上下動ハウジング 522 とを、該上下動ハウジング 522 内に配置した支持体 582 を介して、ボールベアリング 584 で連結し、駆動体 580 の上下動に伴って、このボールベアリング 584 を介して、荷重を一点に集中して上下動ハウジング 522 を押圧するようにした点にある。

この例では、駆動体 580 にフランジ 580a を、支持体 582 にストッパとしての役割を果たすフランジ 582a をそれぞれ設けている。そして、駆動体 580 のフランジ 580a に、圧縮コイルばね 586 で弾性力を付与した状態で下方に突出するストッパピン 588 を取付け、このストッパピン 588 の下端を支持体 582 のフランジ (ストッパ) 582a に弾性的に当接させることで、支持体 582 及び上下動ハウジ

ング 522 を水平に維持するようにしている。その他の構成は、図 29 に示すものと同様である。

なお、上記の例は、配線材料として、銅を使用した例を示しているが、この銅の他に、銅合金、銀及び銀合金等を使用しても良い。このことは、以下の例においても同様である。

本発明によれば、トレンチやビアホールの内部に優先的にめっきを行って配線材料（金属膜）を埋込むことで、めっき後の表面の平坦性を向上させることができる。これによって、CMPのような凸部の選択的エッチングプロセスの負荷を削減または省略して、コスト削減のみならず、ディッシングやオキサイドエロージョン等の CMP 特有の問題も解決することができる。

図 33 及び図 34 は、本発明の更に他の実施の形態のめっき装置の要部概要を示す。このめっき装置は、多孔質接触体 702、めっき液含浸材 703 及びアノード 704 をハウジング 707 内のアノード室 706 に収容した電極ヘッド 701 を備え、この電極ヘッド 701 は、支持部材 711 及びエアバッグ 709 を介して主軸 710 に取付けられている。ハウジング 707 の下端には、シールリング 708 及びカソード電極 712 が取付けられている。この図には、表面にシード層 6 を設けた基板 W が記載されている。

電極ヘッド 701 は、アノード 704、めっき液含浸材 703 及び多孔質接触体 702 をこの順序でハウジング 707 内に設置することにより構成されている。

この電極ヘッド 701 の最下部に設けられた多孔質接触体 702 は、前述の各例における多孔質パッド 534 の下層パッド 534a とほぼ同様な構成を有しており、ここでは、その説明を省略する。

なお、多孔質接触体 702 は、その厚みを、例えば、中心から外側に向かって徐々に厚くなるよう変化させたものであっても良いし、多孔質

接触体702の微細貫通穴の孔径を、例えば、中心から外側に向かって徐々に小さくなるよう変化させたものであっても良い。これらは、例えば、粉体原料の粒径を中心から外側に向かって徐々に小さくすることにより実施可能である。また、多孔質接触体702の微細貫通穴の孔径自身も、アノード704側から基板W側に向かって徐々に孔径が小さくなるようにしても良い。これは、例えば、粉体原料の粒径を基板に接する面に向かって徐々に小さくすることにより実施可能である。

更に、相対的に硬い多孔質体と相対的に軟らかい多孔質体を重ねて多孔質接触体702としても良いし、多孔質接触体702を中心が下に凸の形状としても良い。

一方、めっき液含浸材703は、めっき液Qを保持し、多孔質接触体702の表面と基板Wのシード層6との間に送る作用を有するもので、前述の各例におけるめっき液含浸材532とほぼ同様な構成を有しているので、ここではその説明を省略する。

また、アノード704は、めっきすべき金属であっても、白金、チタン等の不溶解性金属あるいは金属上に白金等をめっきした不溶解性電極であってもよいことは前述と同様である。

アノード704は、その上部までがめっき液Qに浸漬されていることが好ましく、更にその上部には、空間部が設けられていることが望ましい。この空間部は、不溶解性の電極を用いた場合に生じる酸素ガス等の気体を溜めるとともに、外部よりバルブ（図示せず）を介して空気等を導入することにより、電極ヘッド701全体の圧力を高め、あるいはめっき液自重で多孔質接触体702の微小貫通孔から流出するめっき液の量を制御することもできる。

電極ヘッド701は、ある程度の弾性を有する支持部材711により主軸710に取付けられている。また、電極ヘッド701と主軸710の間には、エアバッグ709が設けられている。そして、このエアバッ

グ709の中の空気を増減させることにより、電極ヘッド701全体が上下に動き、基板Wのシード層6に対する圧力を増減させることができる。

ハウジング707の底部円周に設けられたシールリング708は、弹性と液漏れ性を有する材料、例えば、ゴムやプラスチックで形成されたものであり、めっき時の多孔質接触体702側面からのめっき液の漏出を防止する。また、多孔質接触体702と基板Wのシード層6を非接触とした状態でも、このシールリング708は基板Wのシード層6から離れず、めっき液の漏出を防止する構造としても良い。また、シールリング708の外側に、基板Wのシード層6に接触して給電するカソード電極712が設けられている。

なお、図33では、多孔質接触体702とめっき含浸材703の間に隙間を設け、この隙間にめっき液Qが存在するようにしているが、この隙間に、軟質のスポンジ等を設けるようにしてもよい。また隙間を設けることなく、多孔質接触体702とめっき液含浸材703とが直接接触するようにしてもよい。後者の場合、めっき液含浸材703の形状により電場の均一化が必要な場合には、めっき液含浸材703の形状に適合するように多孔質接触体702の形状を形成しても良い。更に、電極ヘッド701は、支持部材711により主軸710に取付けられ、電極ヘッド701と主軸710との間にエアバッグ709が介装されているが、主軸710に電極ヘッド701を直接取付け、主軸710全体をアクチュエータ等で動かすようにしてもよい。

図34は、めっき装置の全体構成を示す。このめっき装置には、統合制御部721、印加電圧制御部722、めっき電源723、運動制御部724、加圧ポンプ725、アクチュエータ726及び基板ステージ730が備えられている。

このめっき装置は、いわゆるフェースアップ方式を採用した電解めっ

き装置であり、基板Wは、表面を上向きにして基板ステージ730上に載置されている。めっきに当たっては、この表面を上向きとした基板Wに対し、電極ヘッド701が下降し、多孔質接触体702の表面が基板Wのシード層6と接触する。そして、カソード電極712が、基板Wの表面のシード層6に接触して通電可能となる。なお、この例では、表面を上向き（フェースアップ）にして基板を保持するようにしているが、表面を下向き（フェースダウン）にして基板を保持したり、基板を垂直方向に保持したりしてもよい。

一方、電極ヘッド701中のめっき液Qは、アノード704の内部に設けた細孔の中、めっき液含浸材703及び多孔質接触体702の内部に満たされており、基板Wのシード層6の上面（表面）に供給される。めっき液が供給されるタイミングは、多孔質接触体702とシード層6とが接触する前でも、接触した後でも良いが、エア抜けを考えると接触する直前からの供給が好ましい。

この状態で、アノード704と基板W上のシード層6との間にめっき電圧を印加して電流を流すと、シード層6の表面にめっき（例えば銅めっき）が行われていく。すると、アノード704と基板Wのシード層6と間にめっき液含浸材703及び多孔質接触体702があり、しかも多孔質接触体702は基板Wの凸部に接触しているので、めっき液の供給されやすい基板Wの微細凹部の内部に優先的に金属が析出し、このトンチ等を優先的に埋めてゆくことになる。

まためっき液として、添加剤、特に電流密度が高くなる凸部に吸着してその部分のめっき析出を抑制する成分を含有する添加剤を使用した場合には、添加剤が凸部となる基板の微細凹部以外の部分に作用し、微細凹部内部での優先的なめっき析出をより高める。

そして、ある程度のめっきが行われた時に、統合制御部721からの情報により、印加電圧制御部722によりめっき電圧の印加状態を変化

させるとともに、運動制御部 724 により、アクチュエータ 726 や加圧ポンプ 725 を基板 W と電極ヘッド 701 の押当て状態が変化するよう、めっき電圧の印加状態を変化と関連させて運動させる。

例えば、めっき液中の成分が減少した時に、印加電圧制御部 722 によりめっき電圧の印加を停止させ、これと同時に、運動制御部 724 により、基板 W 上のシード層 6 と電極ヘッド 701 の多孔質接触体 702 の位置を移動させることで、新たにめっき液が供給されると共に、めっき条件が不十分であったところでもめっきが行われるようになり、均質なめっき膜が得られる。

上記のように、統合制御部 721、印加電圧制御部 722 及び運動制御部 724 により、電圧の印加状態の変化と、多孔質接触体 702 のシード層 6 への押当て状態の変化とを互いに関連させながら所定時間めっきを行った後は、電極ヘッド 701 を上昇させ、多孔質接触体 702 と、基板 W のめっき面を分離させる。

この際、多孔質接触体 702 の空孔に金属析出物が残存することがあるが、これは、多孔質接触体 702 の表面を別途準備したエッチング槽（図示せず）に浸漬することにより容易に除去できる。

本発明によれば、トレーナ等の微細凹部内に優先的にめっきを行うことが可能となるため、めっき液の消費量が少なくてすみ、更には基板と多孔質接触体で囲まれた容積でのめっき槽を構成することでもめっき液の使用量が大幅に低減できる。更に、例えば、めっき休止時の移動運動や、加圧運動により微細凹部内へのめっき液の補充が促進されるため、ボイドの発生などの抑制にも効果がある。

このように本発明は、特に基板上に銅等の金属を用いて埋込みめっきを行うダマシンプロセスにおいて有利に利用することができる。

次に実施例を挙げ、本発明を更に詳しく説明するが、本発明はこれら実施例により何ら制約されるものではない。

実施例

図35に示すような幅狭トレンチ（深さ $1\text{ }\mu\text{m}$ ；幅 $0.18\text{ }\mu\text{m}$ ）4aとこれより幅の広い幅広トレンチ（幅 $100\text{ }\mu\text{m}$ ）4bを有する基板Wに対し、常法に従ってバリアメタル処理を行った。次いで、スペッタリングで 80 nm の厚さのシード層6を形成して、試験用サンプルとした。

この試験用サンプルを、図34に示す構成の電極ヘッド（アノード704は穴を有する含りん銅）701を有するめっき装置を用い、表1に示す組成の酸性銅めっき液を使用してめっきを行った。めっき条件は、図36に示すが、通電パターンとしては、シード層6と多孔質接触体702とが最初非接触の状態で、 1 V のめっき電圧でめっきを開始し、10秒後に通電を停止した。その後、シード層6と多孔質接触体702を接触させ、1秒間馴染ませ運動（微少な上下運動）をし、その後、5秒間めっき電圧を印加した。次いで、めっき電圧の印加の停止と同時にシード層6と多孔質接触体702を非接触の状態とした。更に、この非接触の状態で、基板Wの回転運動を行った後、シード層6と多孔質接触体702を接触させ、5秒間電圧を印加した。このようなめっき電圧の印加と、シード層6と多孔質接触体702の接触、非接触の状態を、8分間行った後、めっきを終了した。また、この間の、アノード室706内の圧力 P_6 とエアバッグ709内の圧力 P_7 を図36に示すように調整した。

このめっきより、図37に示す模式図に示す銅層7が得られた。

（酸性銅めっき浴組成）

硫酸銅（5水塩として）	225 g/L
硫酸	55 g/L
塩素	60 ppm
ポリエチレングリコール (MW Ca. 10000)	500 mg/L
ビス（3-スルホプロピル）ジスルフィド (SPS)	20 mg/L

ヤヌスグリーン

1 m g / L

図37から明らかなように、本発明によれば、幅狭トレンチ4aや幅広トレンチ4b等の微細凹部の内部に優先的にめっき析出が起こり、凸部でのめっき析出が抑制される結果、全体の銅層7の膜厚を厚くしない状態で幅狭トレンチ4aや幅広トレンチ4b等の微細凹部の内部に完全に銅を埋込むことができる。

この機構は、図38に示すことができる。すなわち、最初の段階で凹部の金属表面は、 a_1 の高さであるのに対し、凸部の金属表面は、凹部の高さから見て a_2 の高さである。そして、本発明により凹部に優先的にめっき析出が起こり、凸部でのめっき析出が抑制される結果、凹部でのめっき速度は、 h で示されるのに対し、凸部でのめっき速度は H となる。そして、この速度の差の結果、凸部と凹部の高さが同じ(h_1)になるとめっき速度には差がなくなり、同じ速度でめっきが行われる。

図39は、本発明の更に他の実施の形態におけるめっき装置の概要を示す。この図39に示すめっき装置の前述の図29に示すめっき装置と異なる点は、以下の通りである。

すなわち、電極ヘッド502には、基板ステージ504で保持した基板Wの表面（被めっき面）に下層パッド534aを任意の圧力で押圧する、この例ではエアバッグ548からなる押圧機構が備えられている。つまり、この例では、回転ハウジング520の天井壁の下面と上下動ハウジング522の天井壁の上面との間に、リング状のエアバッグ（押圧機構）548が配置され、このエアバッグ548は、加圧流体導入管549を介して、加圧流体供給源（図示せず）に接続されている。

これにより、揺動アーム500を所定の位置（プロセス位置）に上下動不能に固定した状態で、エアバッグ548の内部を圧力 P_8 で加圧することで、基板ステージ504で保持した基板Wの表面（被めっき面）に下層パッド534aを任意の圧力でより均一に押圧し、上記圧力 P_8

を大気圧に戻すことで、下層パッド 534a の押圧を解くことができる。

カソード電極 512 はめっき電源 560 の陰極に、アノード 526 はめっき電源 560 の陽極にそれぞれ電気的に接続される。

次に、このめっき装置でめっきを行う時の操作について説明する。先ず、基板ステージ 504 の上面に基板 W を吸着保持した状態で、基板ステージ 504 を上昇させて、基板 W の周縁部をカソード電極 512 に接触させて通電可能な状態となし、更に上昇させて、基板 W の周縁部上面にシール材 514 を圧接させ、基板 W の周縁部を水密的にシールする。

一方、電極ヘッド 502 にあっては、アイドリングを行ってめっき液の置換及び泡抜き等を行っている位置（アイドリング位置）から、めっき液 Q を内部に保持した状態で、所定の位置（プロセス位置）に位置させる。つまり、揺動アーム 500 を一旦上昇させ、更に旋回させることで、電極ヘッド 502 を基板ステージ 504 の直上方位置に位置させ、しかる後、下降させて所定の位置（プロセス位置）に達した時に停止させる。そして、アノード室 530 内を加圧して、電極ヘッド 502 で保持しためっき液 Q を多孔質パッド 534 の下面から吐出させる。次に、エアバッグ 548 内に加圧空気を導入して、下層パッド 534a を下方に押付ける。

この状態で、電極ヘッド 502 及び基板ステージ 504 をそれぞれ回転（自転）させる。これにより、多孔質体 528（下層パッド 534a）の表面の表面粗さや多孔質体 528（下層パッド 534a）を基板 W の被めっき面に向けて押圧した時に該多孔質体 528（下層パッド 534a）に発生するうねりや反りなどにより、図 40 に示すように、多孔質体 528（下層パッド 534a）と基板 W の被めっき面 P との間に局所的に隙間 S が生じて該隙間 S にめっき液 Q が存在していても、この隙間 S に存在するめっき液 Q を、この回転に伴う遠心力で外方に排除する。このように、めっき液 Q を排除することで、多孔質体 528（下層パッ

ド 5 3 4 a) の全面を基板 W の被めっき面 S に均一に押圧して密着させることができる。

なお、この例では、下層パッド 5 3 4 a を下方に押付けた後、電極ヘッド 5 0 2 及び基板ステージ 5 0 4 をそれぞれ回転させるようにした例を示しているが、エアバッグ 5 4 8 内に加圧空気を導入して、下層パッド 5 3 4 a を下方に押付ける際に、電極ヘッド 5 0 2 及び基板ステージ 5 0 4 を予め回転させておき、押圧した後もこの回転を所定時間継続するようにしてもよい。

そして、多孔質体 5 2 8 (下層パッド 5 3 4 a) と基板 W の被めっき面 P との間に局所的に生じた隙間 S に存在するめっき液 Q が排除され、多孔質体 5 2 8 (下層パッド 5 3 4 a) の全面を基板 W の被めっき面 S に均一に押圧して密着させるのに十分な時間、電極ヘッド 5 0 2 及び基板ステージ 5 0 4 を回転させた後、この回転を停止する。

次に、カソード電極 5 1 2 をめっき電源 5 6 0 の陰極に、アノード 5 2 6 をめっき電源 5 6 0 の陽極にそれぞれ接続し、これによって、基板 W の被めっき面にめっきを施す。このように、下層パッド 5 3 4 a を基板ステージ 5 0 4 で保持した基板 W の被めっき面に任意の圧力で押圧し、しかも両者の密着性を高めた状態でめっきを行うことで、下層パッド 5 3 4 a と基板 W の被めっき面のトレーナ等の配線用の微細凹部以外の部分 (パターン部以外の部分) との間における隙間をなくして、基板に設けた配線用の微細凹部の内部にめっき膜を選択的に析出させることができる。

そして、所定時間めっきを継続した後、カソード電極 5 1 2 及びアノード 5 2 6 のめっき電源 5 6 0 との接続を解くとともに、アノード室 5 3 0 内を大気圧に戻し、更にエアバッグ 5 4 8 内を大気圧に戻して、下層パッド 5 3 4 a の基板 W への押圧を解く。そして、電極ヘッド 5 0 2 を上昇させる。

上記操作を、必要に応じて所定回数繰返し、基板Wの表面（被めっき面）に、配線用の微細凹部を埋めるのに十分な膜厚の銅層7（図1B参照）を成膜したのち、電極ヘッド502を旋回させて元の位置（アイドリング位置）に戻す。

図41は、本発明の更に他の実施の形態におけるめっき装置の要部を示す。この例の図39に示す例と異なる点は、基板ステージ504の上面の基板載置部に、ピエゾ振動子590を取付け、基板ステージ504で載置した基板Wに、このピエゾ振動子590により、基板Wの被めっき面に対して垂直な上下方向の振動を与えるようにしている点にある。

この例は、前述と同様に、基板ステージ504で保持した基板Wに向けて、下層パッド534aを押付けた後、ピエゾ振動子590を介して基板Wを上下方向に所定時間振動させるか、または押付ける際に、予めピエゾ振動子590を介して基板Wを上下方向に振動させておき、下層パッド534aを押付けた後もこの振動を所定時間継続するのであり、これにより、図40に示すように、多孔質体528（下層パッド534a）と基板Wの被めっき面Pとの間に局所的に隙間Sが生じて該隙間Sにめっき液Qが存在していても、この隙間Sに存在するめっき液Qを、この振動に伴って外方に排除することができる。特に、この例のように、基板Wを被めっき面に対して垂直方向に振動させて、多孔質体と基板の被めっき面とが互いに摺接しないようにすることで、めっき表面が傷ついてしまうこと防止することができる。更に、振動子として、ピエゾ振動子590を使用することで、機構のコンパクト化を図ることができる。

図42は、本発明の更に他の実施の形態におけるめっき装置の要部を示す。この例の図39に示す例と異なる点は、基板ステージ504の上面に、例えば純水等の液体を保持する貯槽504gを形成するとともに、この貯槽504gの内部に、該貯槽504g内の液体に超音波を与えて該液体を高周波で振動させる超音波発振子592を設置した点にある。

この例は、基板ステージ504の貯槽504g内に純水等の液体を満たしておき、前述と同様にして、基板ステージ504の上面に基板Wを吸着保持する。この時、基板ステージ504で保持した基板Wと基板ステージ504の貯槽504g内の液体が接するようとする。そして、基板ステージ504で保持した基板Wに向けて、下層パッド534aを押付けた後、超音波発振子592を介して、基板ステージ504の貯槽504g内の液体に超音波振動を与える。すると、液体の超音波振動は基板Wに伝わって基板を振動させ、更にめっき液Qから多孔質体528と伝わって、これらを振動させる。これによって、前述と同様に、多孔質体528（下層パッド534a）と基板Wの被めっき面Pとの間に局所的に生じた隙間Sに存在するめっき液Qを、この振動に伴って外方に排除することができる。

なお、前述と同様に、下層パッド534aを押付ける際に、予め超音波発振子592を介して、基板ステージ504の貯槽504g内の液体に超音波振動を与えるようにしてもよい。

図43は、本発明の更に他の実施の形態におけるめっき装置の要部を示す。この例の図39に示す例と異なる点は、アノード室530を区画形成する上下動ハウジング522の頂壁に圧力ポート594を取付け、この圧力ポート594に、開閉弁596を介して、圧力制御部としての真空ポンプ598を接続した点にある。

この例によれば、真空ポンプ598を駆動してアノード室530内を真空排気し、アノード室530内の圧力を大気圧より低い圧力（負圧）にすることで、図44に示すように、多孔質体528（534a）と基板Wの被めっき面Pとの間の隙間Sに存在するめっき液Qを吸引し、めっき液Qが多孔質体528（534a）の内部を通ってアノード室530内に流入することを促進して、隙間Sからめっき液Qを排除することができる。

なお、このめっき液の吸引排除作業は、前述の各例と同様に、基板ステージ504で保持した基板Wに向けて、下層パッド534aを押付けた後、または押付ける際に予め行うのであるが、めっき中も継続して行うようにしてもよい。

また、図43に示す例では、圧力ポート594に開閉弁596を介して真空ポンプ598を接続した例を示しているが、この真空ポンプ598の代わりに加圧ポンプを接続し、更に上下動ハウジングに排気ポートを設けて、アノード室530内を加圧ポンプによる加圧と排気ポートからの排気による減圧すること繰返すことによる圧力振動を利用してアノード室530内のめっき液Q、更には多孔質体528を振動させるようにしてもよい。

以上詳細に説明したように、本発明によれば、多孔質体を基板ステージで保持した基板の被めっき面に任意の圧力で押圧する時に多孔質体と被めっき面との間の隙間に存在するめっき液を排除することで、荷重を大きくすることなく、多孔質体の全面を基板の被めっき面に均一に密着させた状態でめっきを行うことができる。これによって、トレンチやビアホールの内部に優先的にめっきを行って配線材料（金属膜）を埋込んで、めっき後の表面の平坦性を向上させることができる。従って、CMPのような凸部の選択的エッチングプロセスの負荷を削減または省略して、コスト削減のみならず、ディッシングやオキサイドエロージョン等のCMP特有の問題も解決することができる。

図46乃至図49は、本発明の更に他の実施の形態のめっき装置を示す。このめっき装置の前述の図29に示すめっき装置と異なる点は、以下の通りである。

すなわち、図46に示すように、このめっき装置には、めっき処理及びその付帯処理を行うめっき処理部630が備えられ、このめっき処理部630に隣接して、アイドリングステージ632が配置されている。

また、回転軸 634を中心にはめつてアーム 500の先端に保持されてめつてアーム 500とアイドリングステージ 632との間を移動する電極ヘッド 502を有する電極アーム部 636が備えられている。更に、めつてアーム 630の側方に位置して、プレコート・回収アーム 638と、純水やイオン水等の薬液、更には気体等を基板に向けて噴射する固定ノズル 640が配置されている。この実施の形態にあっては、3個の固定ノズル 640が備えられ、その内の1個を純水の供給用に用いている。

更に、図 46 に示すように、アノード室 530内に配置される多孔質体 528は、多孔質材を3層に積層し、各層間に空間を設けた多層構造となっている。すなわち、多孔質体 528は、めつて液含浸材 532と、下層パッド 534a 及び上層パッド 534b からなる多孔質パッド 534から構成され、下層パッド 534a と上層パッド 534bとの間には第1空間 642a が、上層パッド 534bとめつて液含浸材 532との間には第2空間 642b がそれぞれ設けられている。

下層パッド 534a と上層パッド 534bとの間に第1空間 642a を設け、第1空間 642a の内部、更にはこの下方に位置する下層パッド 534a の内部に、主に新鮮なめつて液を供給して予め保持しておき、この新鮮なめつて液をめつて直前に下層パッド 534a を介して基板W に供給することで、より少量のめつて液の供給によって、常に新鮮なめつて液を使用しためつてを行うことができる。つまり、この例では、下記のように、アノード室 530の内部（上部）に加圧流体を導入し、アノード室 530を圧力 P_{10} で加圧することで、アノード室 530内のめつて液を基板に供給するようにしており、この時、主に第1空間 642a の内部、更にはこの下方に位置する下層パッド 534a の内部に新鮮なめつて液を予め保持しておくことで、アノード室 530内に位置してアノード 526を浸漬せていためつて液が、この基板に供給される新鮮

なめっき液に混入してしまうことを防止することができる。

また、上層パッド 534b とめっき液含浸材 532 との間に第 2 空間 642b を設けることで、この第 2 空間 642b を、主に新鮮なめっき液を保持する空間として利用することができ、またこの第 2 空間 642b 内のめっき液に、アノード室 530 内に位置してアノード 526 を浸漬せていためっき液の新鮮なめっき液中への混入を遮断する如き効果を発揮させることができる。

第 1 空間 642a 内に新鮮なめっき液を導入し、また第 1 空間 642a 内の古いめっき液を新鮮なめっき液と置換するため、上下動ハウジング 522 には、第 1 空間 642a に向けてめっき液を吐出して供給するめっき液供給部 652 と、第 1 空間 642a 内のめっき液を吸引して排出するめっき液排出部 654 が上下動ハウジング 522 の互いに直径方向に対向する位置に設けられている。めっき液供給部 652 は、図 47 に示すように、上下動ハウジング 522 の第 1 空間 642a に対向する位置に設けた複数の吐出口 656 と該吐出口 656 に連通して上下動ハウジング 522 を貫通する接続口 658 を有しており、この接続口 658 に連通するめっき液供給ポート 660 を取付けて構成されている。また、めっき液排出部 654 は、上下動ハウジング 522 の第 1 空間 642a に対向する位置に設けた複数の吸引孔 662 と該吸引孔 662 に連通して上下動ハウジング 522 を貫通する接続口 664 を有しており、この接続口 664 に連通するめっき液排出ポート 666 を取付けて構成されている。

これにより、第 1 空間 642a 内にめっき液供給部 652 から新鮮なめっき液を供給しつつ、めっき液排出部 654 を介して、この第 1 空間 642a からめっき液を引抜きことで、第 1 空間 642a 内を新鮮なめっき液に置換することができるようになっている。

電極ヘッド 502 には、エアバッグ 570 を有し、基板ステージ 50

4で保持した基板Wの表面（被めっき面）に下層パッド534aを任意の圧力で押圧する押圧機構が備えられている。つまり、この例では、回転ハウジング520の天井壁の下面と上下動ハウジング522の天井壁の上面との間にリング状のエアバッグ570が配置され、このエアバッグ570は、加圧流体導入管572を介して、加圧流体供給源（図示せず）に接続されている。これにより、揺動アーム500をめっき処理部630上の所定の位置（プロセス位置）に上下動不能に固定した状態で、エアバッグ570の内部を圧力P₉で加圧することで、基板ステージ504で保持した基板Wの表面（被めっき面）に下層パッド534aを任意の圧力で均一に押圧し、上記圧力P₉を大気圧に戻すことで、下層パッド534aの押圧を解くようにならっている。

上下動ハウジング522には、アノード室530内のめっき液を吸引するめっき液吸引管574と、加圧流体を導入する加圧流体導入管576が取付けられており、アノード526の内部には、多数の細孔526aが設けられている。これにより、めっき液は、多孔質体528をめっき液に浸漬させてアノード室530を気密的に封止した状態で、めっき液吸引管574を介してアノード室530内のめっき液を吸引することで、多孔質体528からアノード室530に向けて吸い上げられ、アノード室530の内部を圧力P₁₀で加圧することで、基板Wの上面に供給される。

図48は、電極ヘッド502をアイドリングステージ632の直上方に移動させ、更に下降させて新鮮なめっき液を電極ヘッド502のアノード室530に供給している状態を示す。アイドリングステージ632は、例えば新鮮なめっき液を貯めるめっき液トレー600を有している。そして、このめっき液トレー600内に溜めためっき液中に多孔質体528を浸漬させて、アノード室530内を気密的に封止し、この状態で、めっき液吸引管574を介してアノード室530内のめっき液を

吸引することで、めっき液トレー 600 内の新鮮なめっき液を多孔質体 528 からアノード室 530 に向けて吸い上げる。そして、このようにして吸い上げられた新鮮なめっき液の液面が、第 1 空間 642a の上方、更には好ましくは、第 2 空間 642b の上方まで位置した頃に、めっき液の吸引を停止する。これにより、第 1 空間 642a の内部、及びこの下方に位置する下層パッド 534a の内部、更に好ましくは、第 2 空間 642b の内部、及びこの下方に位置する上層パッド 534b の内部に、主に新鮮なめっき液が保持される。この時のめっき液の吸引は、スループットが落ちない程度の範囲でゆっくりとしたスピードで行うことが望ましい。

図 49 は、新鮮なめっき液を電極ヘッド 502 のアノード室 530 に供給している他の状態を示す。この例の場合、例えばめっき液トレー 600 の内部に新鮮なめっき液を満たしておくか、めっき液を循環させておく。そして、このめっき液トレー 600 内のめっき液中に多孔質体 528 を浸漬させて、アノード室 530 内を気密的に封止し、この状態で、めっき液供給ポート 660 を開けて第 1 空間 642a 内に新鮮なめっき液を供給すると同時に、めっき液排出ポート 666 を開けて、第 1 空間 642a からめっき液を引抜きことで、第 1 空間 642a 内を主に新鮮なめっき液に置換する。そして、この置換終了後に、めっき液供給ポート 660 からのめっき液の供給を停止すると同時に、めっき液排出ポート 666 を閉じるか、または、めっき液排出ポート 666 を閉じてから、少しの間めっき液供給ポート 660 からのめっき液の供給を継続した後、この供給を停止する。この時のめっき液の置換は、スループットが落ちない程度の範囲でゆっくりしたスピードで行うことが望ましい。また、めっき液トレー 600 の内部に新鮮なめっき液を溜めておくことで、第 1 空間 642a の下方に位置する下層パッド 534a の内部の一部も、新鮮なめっき液に置換することができる。

この例によれば、前述の2つの方法により、第1空間642aの内部、好ましくは、この下方に位置する下層パッド534aの内部、更に好ましくは、第2空間642bの内部及びこの下方に位置する上層パッド534bの内部に、主に新鮮なめっき液を保持することができる。

次に、このめっき装置でめっきを行う時の操作について説明する。

先ず、基板ステージ504の上面に基板Wを吸着保持した状態で、基板ステージ504を上昇させて、基板Wの周縁部をカソード電極512に接触させて通電可能な状態となし、更に上昇させて、基板Wの周縁部上面にシール材512を圧接させ、基板Wの周縁部を水密的にシールする。一方、電極ヘッド502にあっては、アイドリングステージ632において、前述のようにして、第1空間642aの内部、好ましくは、この下方に位置する下層パッド534aの内部、更に好ましくは、第2空間642bの内部及びこの下方に位置する上層パッド534bの内部に、主に新鮮なめっき液を保持する、そして、この電極ヘッド502を所定の位置に位置させる。つまり、揺動アーム500を一旦上昇させ、更に旋回させることで、電極ヘッド502を基板ステージ504の直上方位置に位置させ、しかる後、下降させて所定の位置（プロセス位置）に達した時に停止させる。そして、アノード室530内を圧力P₁₀に加圧して、電極ヘッド502で保持しためっき液を多孔質パッド534の下面から吐出させる。

これにより、第1空間642a等の内部及び該第1空間642aの下方に位置する下層パッド534aの内部等に保持しためっき液を、アノード室530内に保持されてアノード526を浸漬させていためっき液との混入を防止しつつ、基板Wに供給することができる。

次に、エアバッグ570内に加圧空気を導入して下層パッド534aを下方に押付けて、下層パッド534aを基板Wの表面（被めっき面）に所定の圧力で押圧する。この状態で、電極ヘッド502及び基板ステ

ージ504を回転（自転）させる。これにより、めっきに先だって、下層パッド534aを基板ステージ504で保持した基板Wの被めっき面に任意の圧力で押圧しつつ、両者を相対移動させることで、下層パッド534aと基板Wとの密着性を高める。

そして、電極ヘッド502及び基板ステージ504の回転を停止した後、カソード電極512をめっき電源560の陰極に、アノード526をめっき電源560の陽極にそれぞれ接続し、これによって、基板Wの被めっき面にめっきを施す。そして、所定時間めっきを継続した後、カソード電極512及びアノード526のめっき電源560との接続を解くとともに、アノード室530内を大気圧に戻し、更にエアバッグ570内を大気圧に戻す。しかる後、揺動アーム500を上昇させ、更に旋回させて電極ヘッド502を元の位置（アイドリング位置）に戻す。この操作を、必要に応じて所定回数繰返し、基板Wの表面（被めっき面）に、配線用の微細凹部を埋めるのに十分な膜厚の銅層7（図1B参照）を成膜して、めっきを終了する。

本発明によれば、多層構造を有する多孔質体の内部に新鮮なめっき液を予め保持しておき、めっき直前に多孔質体を介して基板に供給することで、アノードを浸漬させていためっき液が、この基板に供給される新鮮なめっき液に混入してしまうことを防止して、より少量のめっき液の供給によって、常に新鮮なめっき液を使用しためっきを行うことができ、これによって、めっき液の消費量を少なく抑えることができる。しかも、多種のめっき液を用いるプロセスに容易に対応することができる。

産業上の利用の可能性

本発明は、めっき装置及びめっき方法に係り、特に半導体基板などの基板に形成された微細配線パターンに銅等の金属（配線材料）を埋込んで配線を形成するのに使用される。

請求の範囲

1. アノード、めっき液を保持するめっき液含浸材、及び基板表面と接触する多孔質接触体を備えた電極ヘッドと、
基板に接触して通電させるカソード電極と、
前記電極ヘッドの多孔質接触体を基板表面に加減自在に押当てる押当て機構と、
前記アノードと前記カソード電極との間にめっき電圧を印加する電源と、
前記電極ヘッドの多孔質接触体の基板表面への押当て状態と、前記アノードと前記カソード電極との間に印加されるめっき電圧の状態とを互いに関連させて制御する制御部を有するめっき装置。
2. 前記多孔質接触体は、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリアミド、ポリカーボネート、ポリイミド、炭化珪素またはアルミナで形成されている請求項1記載のめっき装置。
3. 前記めっき液含浸材は、セラミックスまたは多孔質プラスチックで形成されている請求項1記載のめっき装置。
4. 前記多孔質接触体の少なくとも基板表面に接触する面が、絶縁物または絶縁性の高い物質で形成されている請求項1記載のめっき装置。
5. 前記制御部は、前記多孔質接触体及び基板の少なくとも一方を自転または公転させるよう制御する請求項1記載のめっき装置。
6. 基板を保持する基板ステージと、

前記基板ステージで保持した基板の被めっき面の周縁部に当接して該周縁部を水密的にシールするシール材と、該基板と接触して通電させるカソード電極とを備えたカソード部と、

前記カソード部の上方に上下動自在に配置され、アノードと保水性を有する多孔質体とを上下に備えた電極ヘッドと、

前記アノードと前記基板ステージで保持した基板の被めっき面との間にめっき液を注入するめっき注入部と、

前記多孔質体を前記基板ステージで保持した基板の被めっき面に任意の圧力で押圧し該被めっき面から離間させる押圧離間機構と、

前記カソード電極と前記アノードとの間にめっき電圧を印加する電源とを有するめっき装置。

7. 前記基板ステージで保持した基板と前記電極ヘッドとを相対移動させる相対移動機構を有する請求項 6 記載のめっき装置。

8. 前記相対移動機構は、前記基板ステージまたは前記電極ヘッドの少なくとも一方を回転させる回転機構からなる請求項 7 記載のめっき装置。

9. 前記基板ステージまたは前記電極ヘッドの少なくとも一方を回転するときに与えられる回転トルクを検出するトルクセンサを有する請求項 8 記載のめっき装置。

10. 前記押圧離間機構は、ガス圧によって伸縮して前記多孔質体を前記基板に向けて押圧するエアバッグを有する請求項 6 記載のめっき装置。

11. 前記エアバッグは、前記アノードまたは前記多孔質体と接触して該アノードまたは多孔質体を水平な状態で上下動させるように構成され

ている請求項 10 記載のめっき装置。

12. 前記多孔質体は、少なくとも 2 種類以上の多孔質材を積層した多層構造を有する請求項 6 記載のめっき装置。

13. 前記電極ヘッドは、前記アノード及び前記エアバッグを内部に収納し、下端開口部を前記多孔質体で閉塞させたアノード室を区画形成するハウジングを有する請求項 6 記載のめっき装置。

14. 前記アノード室は、円筒形の形状を有している請求項 13 記載のめっき装置。

15. 前記ハウジングには、前記エアバッグに連通するガス導入管、前記アノード室の内部にめっき液を導入するめっき液導入管、及び前記アノードに給電する給電ポートが取付けられている請求項 13 記載のめっき装置。

16. 前記押圧離間機構は、前記ハウジングを上下動させるエアバッグを有する請求項 13 記載のめっき装置。

17. 前記ハウジングまたは前記基板ステージを、上下、左右または円方向に振動させる加振機構を更に有する請求項 13 記載のめっき装置。

18. 前記アノード室内のめっき液、及び前記アノードと前記基板ステージで保持した基板の被めっき面との間のめっき液の液温を制御する温度制御機構を更に有する請求項 13 記載のめっき装置。

19. 前記基板ステージは、該基板ステージの上面に載置した基板の周

縁部裏面を吸着して基板を水平に保持するとともに、基板の裏面側を流体で加圧できるように構成されている請求項 6 記載のめっき装置。

20. 前記基板ステージで保持した基板または前記多孔質体を加振させる加振機構を有する請求項 6 記載のめっき装置。

21. 基板を保持する基板ステージと、

前記基板ステージで保持した基板の被めっき面の周縁部に当接して該周縁部を水密的にシールするシール材と、該基板と接触して通電させるカソード電極とを備えたカソード部と、

前記カソード部の上方に上下動自在に配置され、アノードと保水性を有する多孔質体とを上下に備えた電極ヘッドと、

前記アノードと前記基板ステージで保持した基板の被めっき面との間にめっき液を注入するめっき注入部と、

前記多孔質体を前記基板ステージで保持した基板の被めっき面に任意の圧力で押圧する押圧機構と、

前記カソード電極と前記アノードとの間にめっき電圧を印加する電源と、

前記多孔質体を前記基板ステージで保持した基板の被めっき面に任意の圧力で押圧する時に前記多孔質体と被めっき面との間の隙間に存在するめっき液を排除するめっき液排除機構を有するめっき装置。

22. 前記めっき液排除機構は、前記基板ステージで保持した基板、前記多孔質体、及び前記アノードと前記基板ステージで保持した基板の被めっき面との間に注入しためっき液のうちの少なくとも 2 つを相対運動させる機構からなる請求項 21 記載のめっき装置。

23. 前記めっき液排除機構は、前記基板ステージで保持した基板、前記多孔質体、及び前記アノードと前記基板ステージで保持した基板の被めっき面との間に注入しためっき液のうちの少なくとも1つを振動させる機構からなる請求項21記載のめっき装置。

24. 前記めっき液排除機構は、前記基板ステージで保持した基板、前記多孔質体、及び前記アノードと前記基板ステージで保持した基板の被めっき面との間に注入しためっき液のうちの少なくとも1つを、基板ステージで保持した基板の被めっき面に対して垂直方向に振動させる機構からなる請求項21記載のめっき装置。

25. 前記振動させる機構は、超音波を利用したもの、あるいは励磁コイルによる加振機を用いたものである請求項23または24記載のめっき装置。

26. 前記振動させる機構は、ピエゾ振動子からなる請求項23または24記載のめっき装置。

27. 前記振動させる機構は、圧力振動を利用したものである請求項23または24記載のめっき装置。

28. 前記めっき液排除機構は、内部に前記アノードを収納し開口端部を前記多孔質体で閉塞したアノード室と、該アノード室内の圧力を制御する圧力制御部を有する請求項21記載のめっき装置。

29. 基板を保持する基板ステージと、
前記基板ステージで保持した基板の被めっき面の周縁部に当接して該

周縁部を水密的にシールするシール材と、該基板と接触して通電させるカソード電極とを備えたカソード部と、

前記カソード部の上方に上下動自在に配置され、アノードと保水性を有する多孔質体とを上下に備えた電極ヘッドと、

前記アノードと前記基板ステージで保持した基板の被めっき面との間にめっき液を注入するめっき注入部と、

前記カソード電極と前記アノードとの間にめっき電圧を印加する電源とを備え、

前記多孔質体は、少なくとも2種類以上の多孔質材を積層した多層構造を有しているめっき装置。

30. 前記電極ヘッドは、前記アノードを内部に収納し、下端開口部を前記多孔質体で閉塞させたアノード室を区画形成するハウジングを有する請求項29記載のめっき装置。

31. 前記ハウジングには、前記アノード室の内部のめっき液を吸引するめっき液吸引管、前記アノード室の内部に加圧流体を導入する加圧流体導入管、及び前記アノードに給電する給電ポートが取付けられている請求項30記載のめっき装置。

32. 前記多層構造を構成する多孔質材の間に、少なくとも1つの空間が形成されている請求項29記載のめっき装置。

33. 前記多孔質材の間に形成された空間に向けてめっき液を吐出して供給するめっき液供給部と、前記空間内のめっき液を吸引して排出するめっき液排出部を有する請求項32記載のめっき装置。

3 4. シード層で覆われた配線用の微細凹部を有する基板を用意し、前記シード層の表面と該シード層と所定間隔離間して配置したアノードとの間に多孔質接触体を介してめっき液を供給し、前記シード層と前記アノードとの間にめっき電圧を印加してめっきを行うにあたり、前記シード層と前記アノードとの間に印加するめっき電圧の状態の変化と、前記多孔質接触体と前記シード層との間の押当て状態の変化とを互いに関連させるめっき方法。

3 5. 前記多孔質接触体と前記シード層との間の押当て状態の変化は、前記多孔質接触体と前記シード層との間の圧力変化である請求項 3 4 記載のめっき方法。

3 6. 前記シード層と前記アノードとの間に印加するめっき電圧の状態の変化は、前記シード層と前記アノードとの間に印加するめっき電圧の断続である請求項 3 4 記載のめっき方法。

3 7. 前記シード層と前記アノードとの間に印加するめっき電圧の状態の変化と、前記多孔質接触体と前記シード層との間の押当て状態の変化とを、前記多孔質接触体と前記シード層表面との間の圧力を相対的に高めた時にめっき電圧を印加し、前記多孔質接触体と前記シード層との間の圧力を前状態より相対的に低めたときにめっき電圧を印加しないようにすることにより関連させる請求項 3 4 記載のめっき方法。

3 8. 前記多孔質接触体と前記シード層との間の押当て状態の変化は、前記多孔質接触体と前記シード層表面との接触及び非接触の変化である請求項 3 4 記載のめっき方法。

39. 前記シード層と前記アノードとの間に印加するめっき電圧の状態の変化と、前記多孔質接触体と前記シード層との間の押当て状態の変化とを、前記多孔質接触体と前記シード層表面の接触と、前記シード層と前記アノードとの間のめっき電圧の印加とが互いに同調するよう関連させる請求項34記載のめっき方法。

40. 前記シード層と前記アノードとの間に印加するめっき電圧の状態の変化と、前記多孔質接触体と前記シード層との間の押当て状態の変化とを、前記多孔質接触体と前記シード層表面が非接触時には前記シード層と前記アノードとの間にめっき電圧を印加せず、前記多孔質接触体と前記シード層表面が接触後一定時間経過後に前記シード層と前記アノードとの間にめっき電圧を印加するよう関連させる請求項34記載のめっき方法。

41. シード層で覆われた配線用の微細凹部を有する基板を用意し、前記シード層の表面と所定間隔離間して配置したアノードとの間に保水性を有する多孔質体を配置し、前記シード層と前記アノードとの間にめっき液を満たしつつ通電してめっきを行うにあたり、前記多孔質体を前記シード層に任意の圧力で押圧しつつ、前記シード層と前記アノードとの間に通電してめっきを行うめっき方法。

42. 前記シード層と前記アノードとの間に通電してめっきを行うのに先だって、前記多孔質体を前記シード層に任意の圧力で押圧しつつ、両者を相対移動させる請求項41記載のめっき方法。

4 3. プロセスの途中で、前記シード層と前記アノードとの間の通電を解き、前記多孔質体を前記シード層から離す請求項4 1記載のめっき方法。

4 4. シード層で覆われた配線用の微細凹部を有する基板を用意し、前記シード層の表面と所定間隔離間して配置したアノードとの間に保水性を有する多孔質体を配置し、

前記シード層と前記アノードとの間にめっき液を満たしつつ通電してめっきを行うにあたり、

前記多孔質体を前記シード層に任意の圧力で押圧する前後で、前記多孔質体とシード層との間に存在するめっき液を排除した後、前記シード層と前記アノードとの間に通電してめっきを行うめっき方法。

4 5. 前記多孔質体と前記シード層とが接触している時のみに通電を行う請求項4 4記載のめっき方法。

4 6. 基板を搬出入するロード・アンロードステーションと、請求項1乃至3 3のいずれかに記載のめっき装置と、基板を洗浄し乾燥させる洗浄・乾燥装置と、前記ロード・アンロードステーション、前記めっき装置及び前記洗浄・乾燥装置の間で基板を搬送する搬送装置を有する基板処理装置。

4 7. 基板表面に前記めっき装置で成膜した不要な金属膜を研磨除去して平坦化させる研磨装置を更に有する請求項4 6記載の基板処理装置。

4 8. 前記めっき装置で金属膜を成膜した基板を熱処理する熱処理装置を更に有する請求項4 6記載の基板処理装置。

4 9. 基板の周縁部に付着乃至成膜した金属膜をエッチング除去するベルエッティング装置を更に有する請求項 4 6 記載の基板処理装置。

5 0. 前記めっき装置の前記アノードと前記カソード電極との間にめっき電圧を印加した時の電圧値または電流値の少なくとも一方をモニタするモニタ部を更に有する請求項 4 6 記載の基板処理装置。

5 1. 基板表面に成膜した金属膜の膜厚を測定する膜厚測定器を更に有する請求項 4 6 記載の基板処理装置。

1/46

FIG. 1A

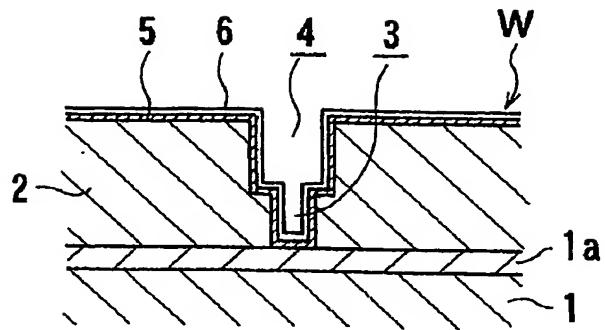


FIG. 1B

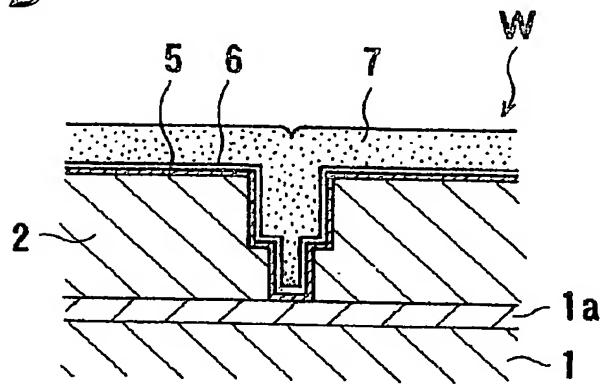


FIG. 1C

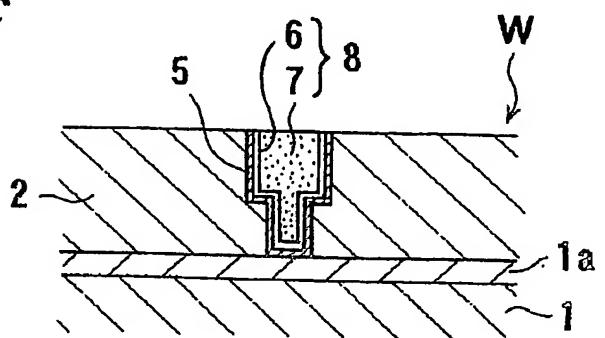


FIG. 1D

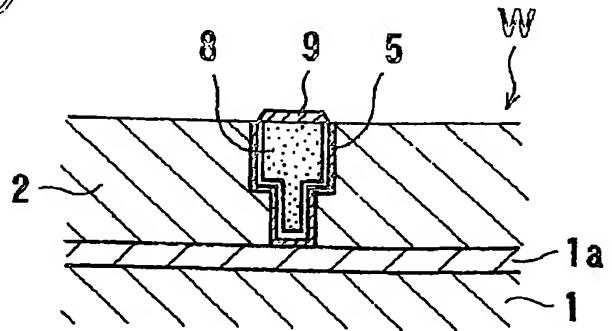
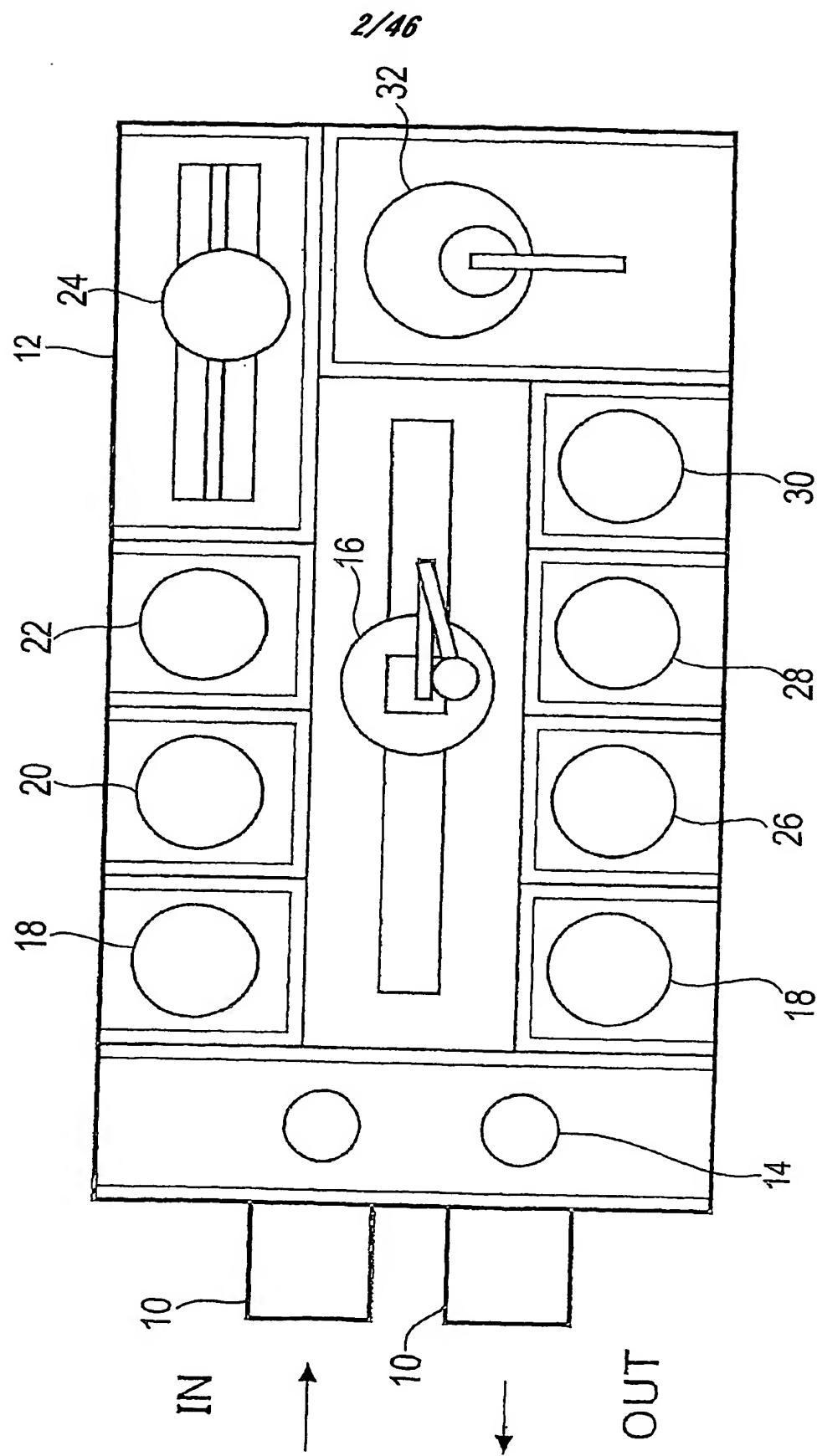
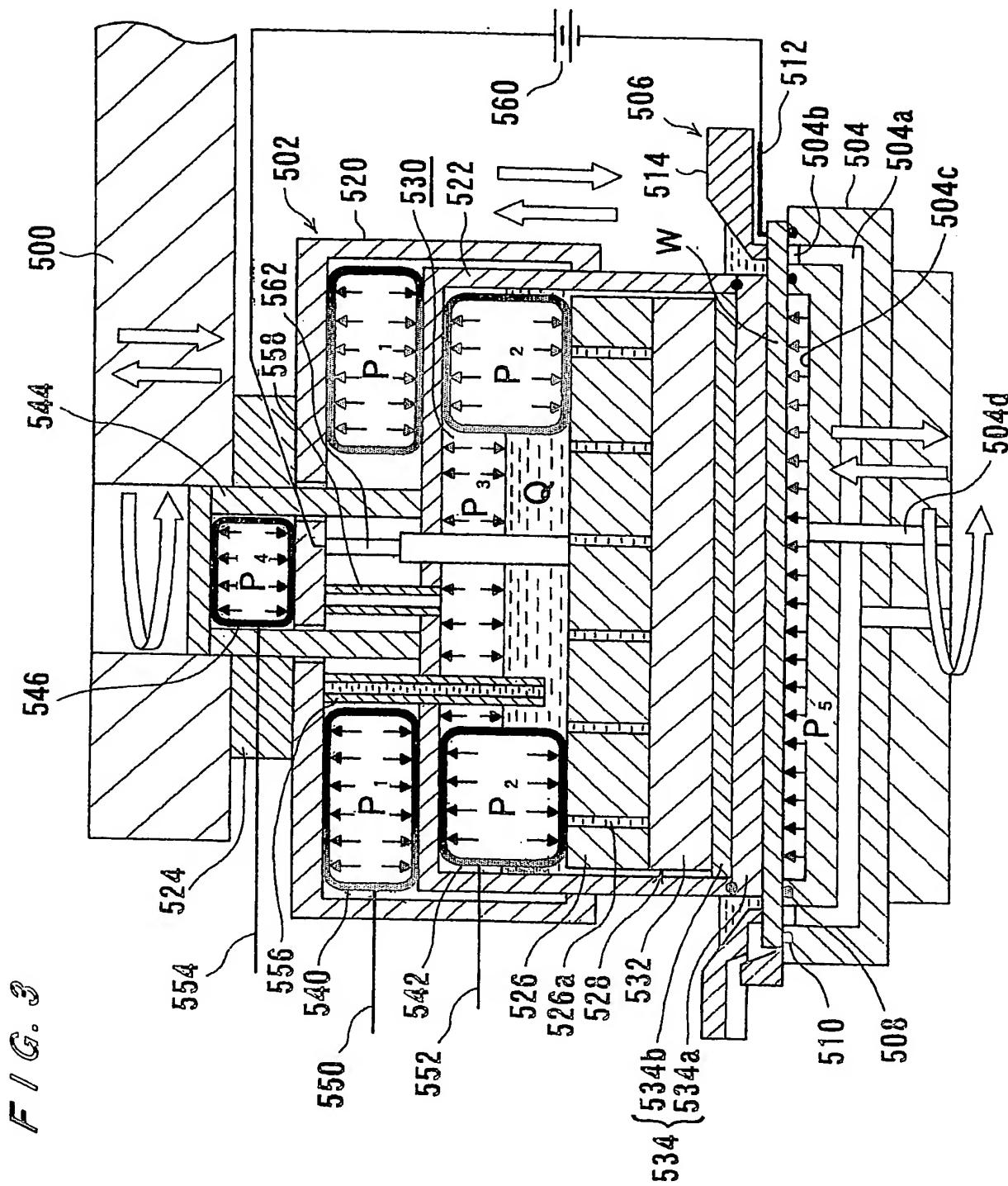


FIG. 2



3/46

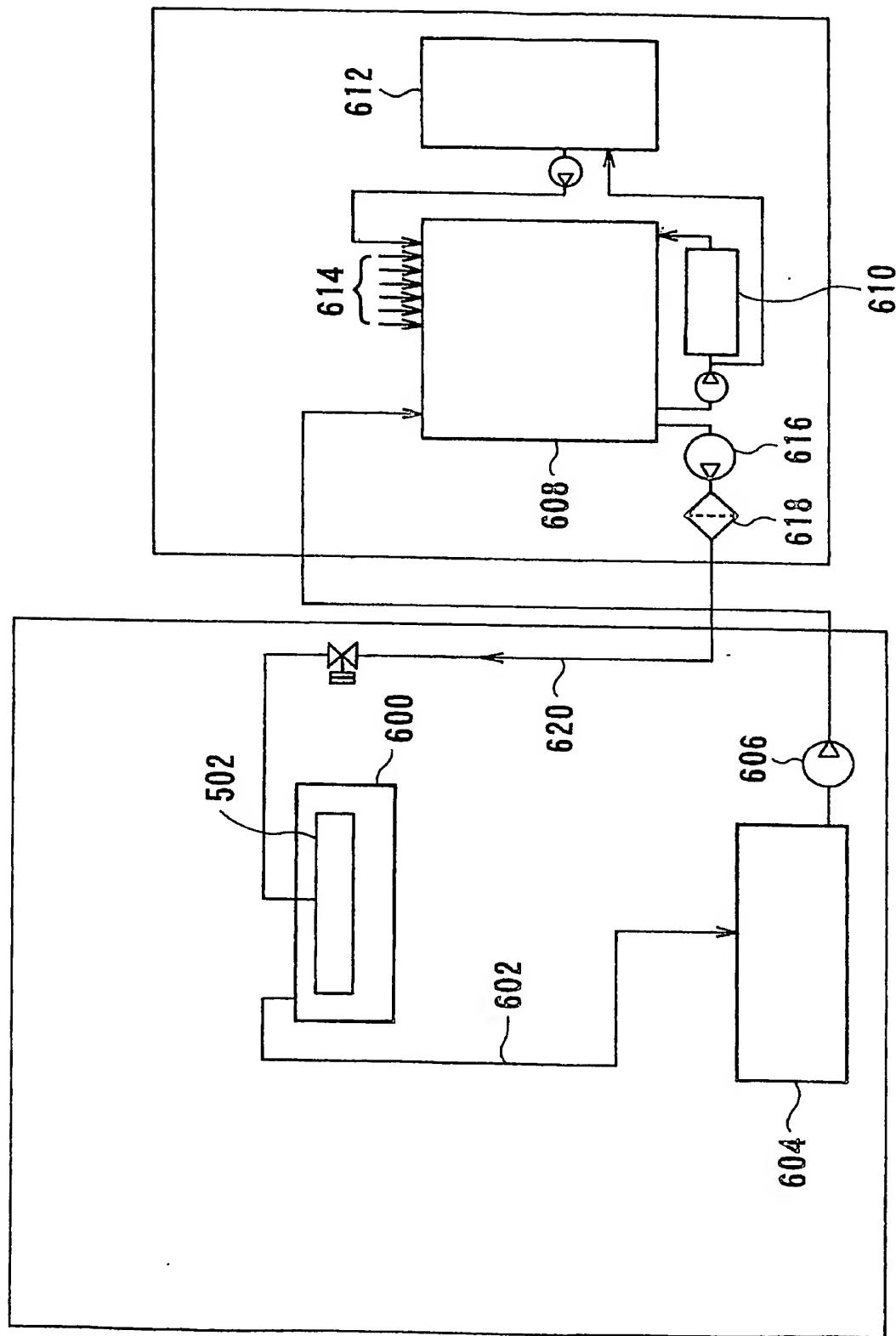


4/46

FIG. 4

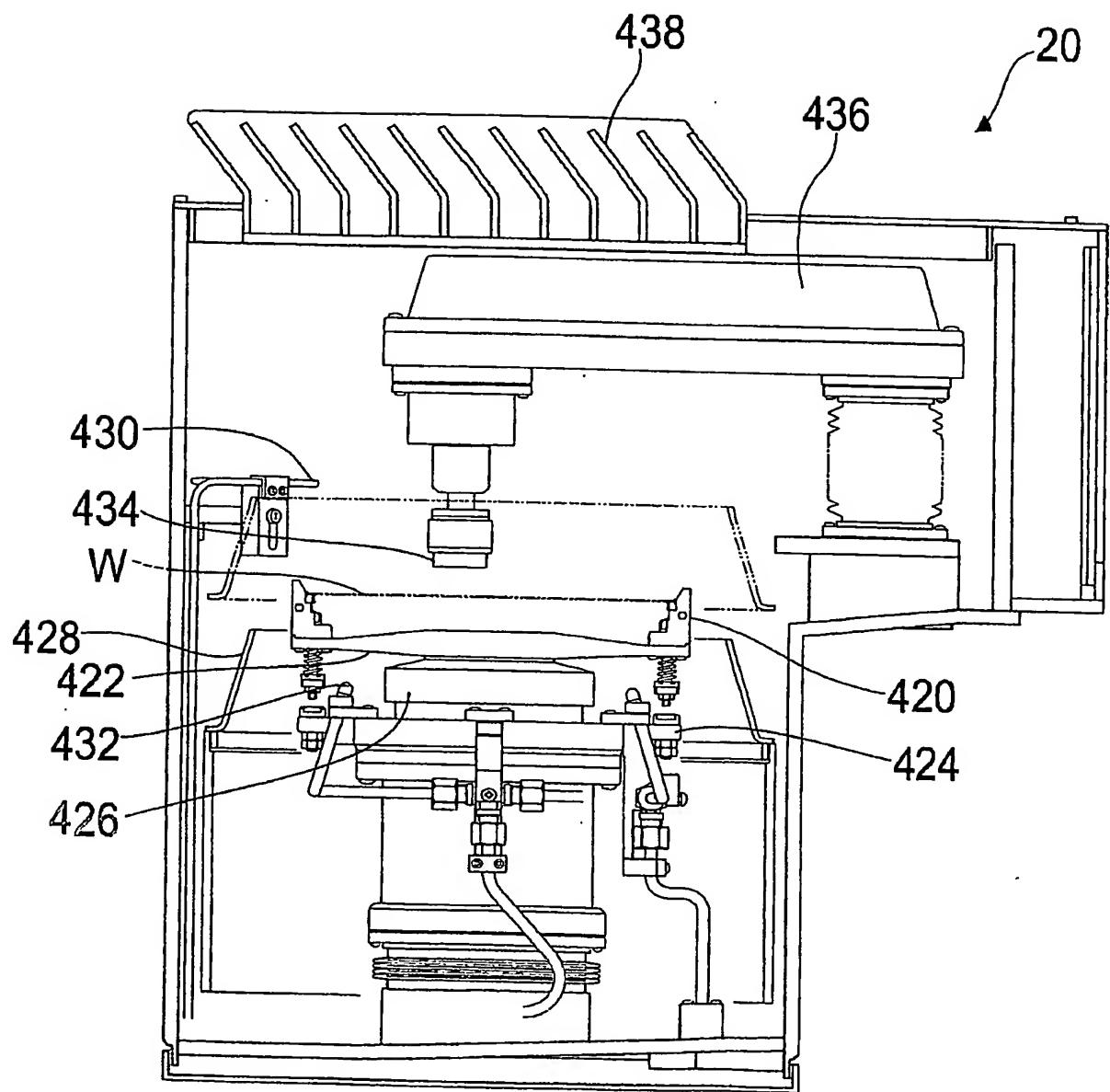
5/46

FIG. 5



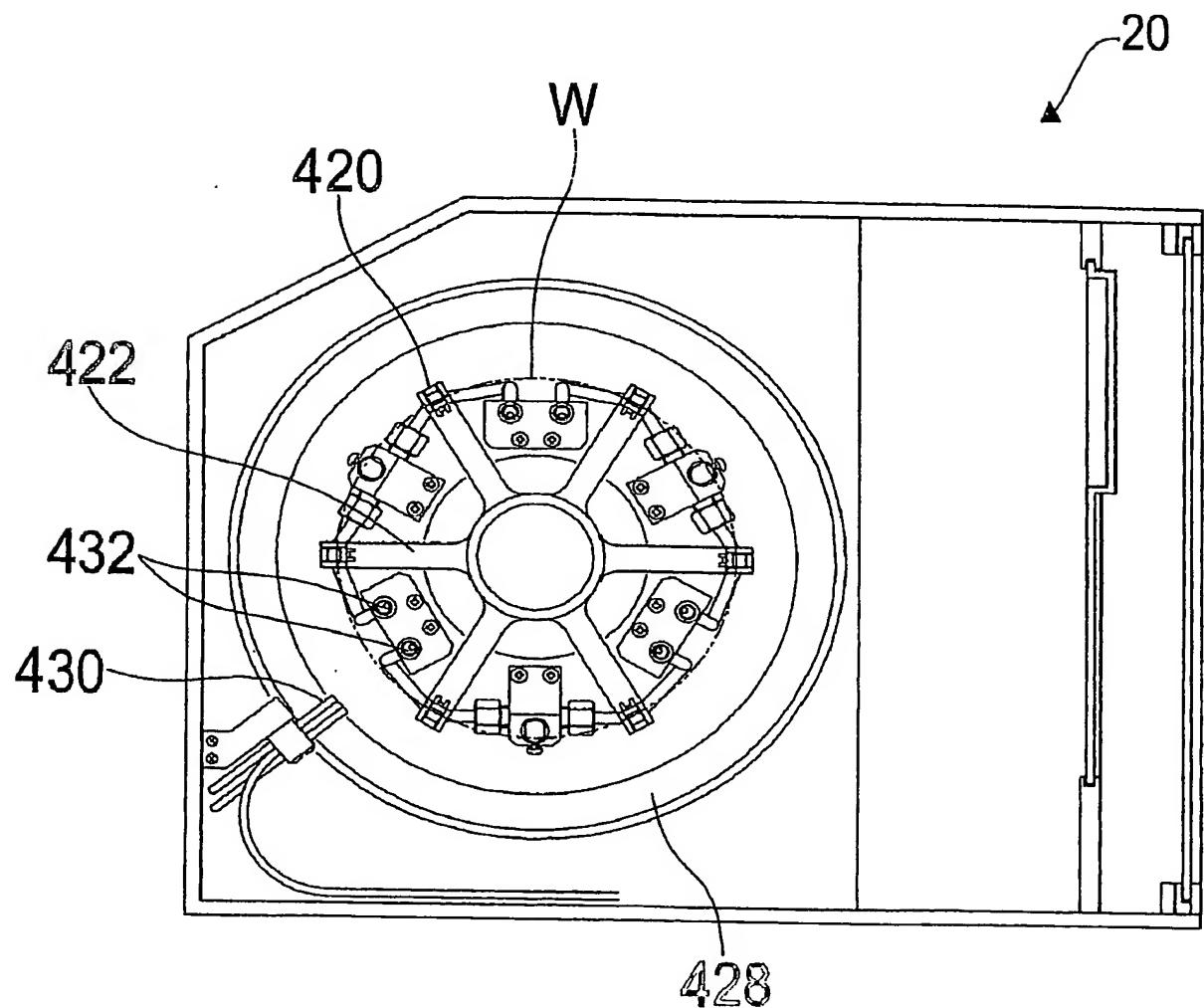
6/46

F / G. 6



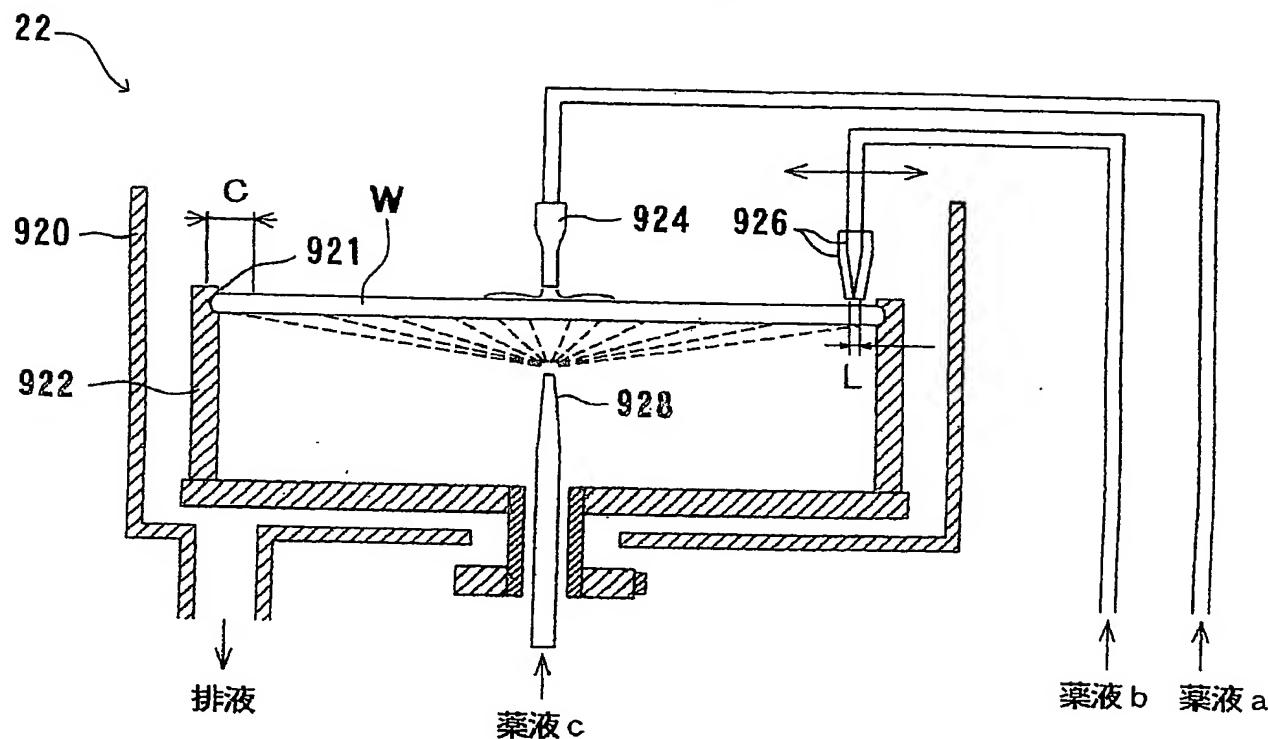
7/46

FIG. 7

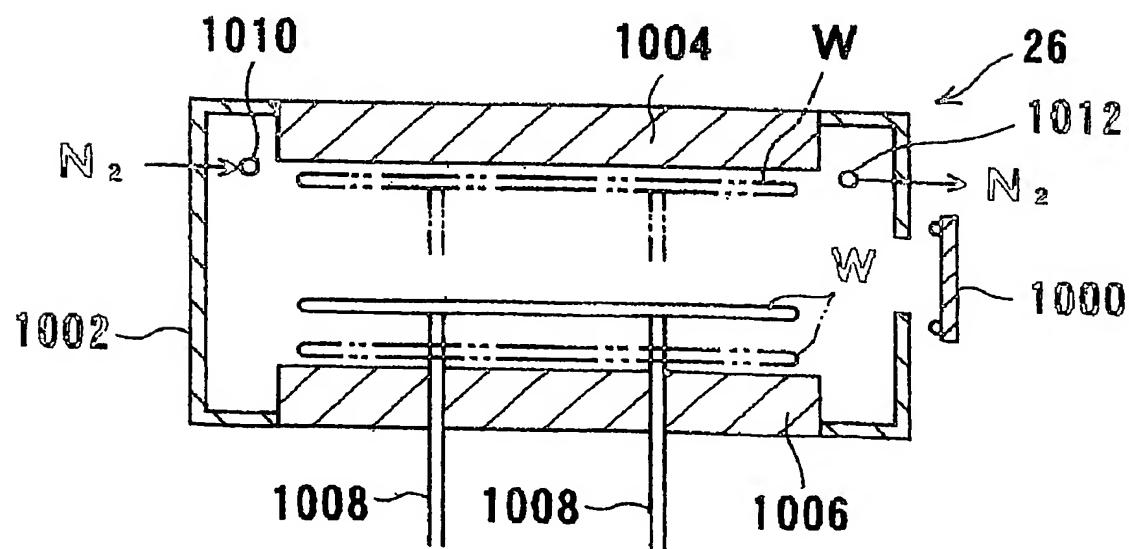


8/46

F / G. 8

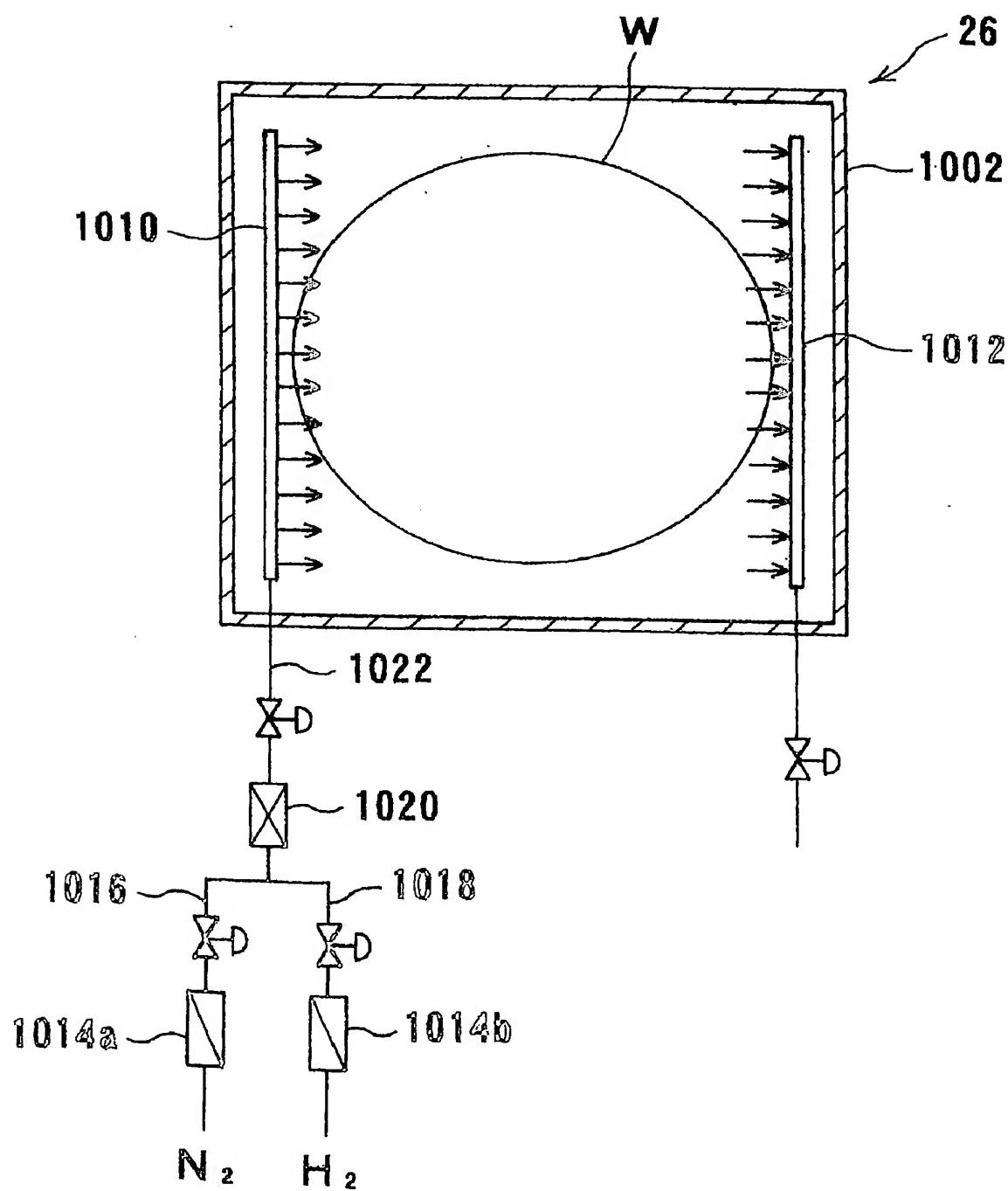


F / G. 9



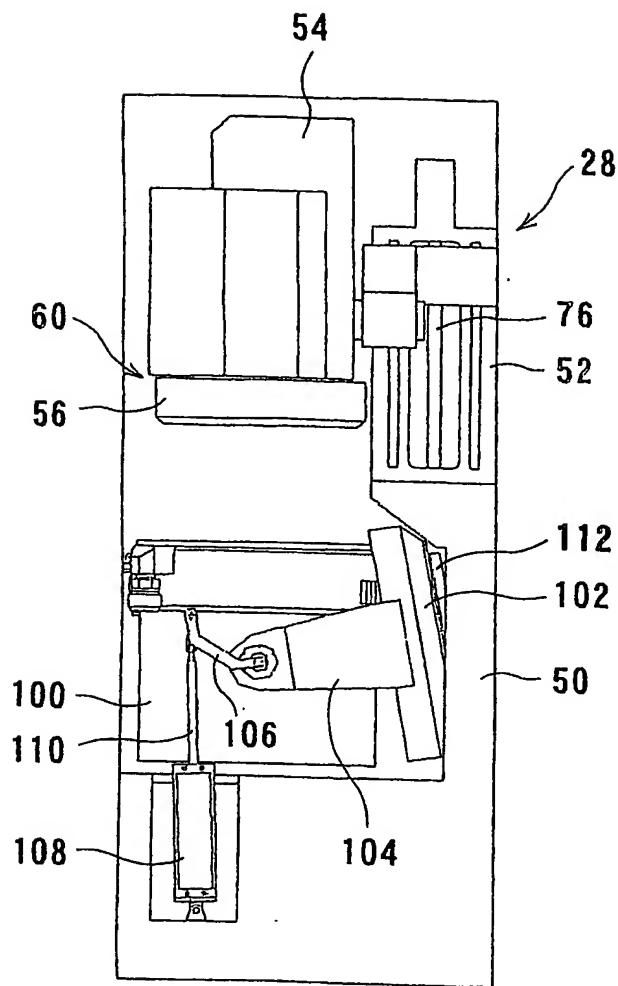
9/46

FIG. 10



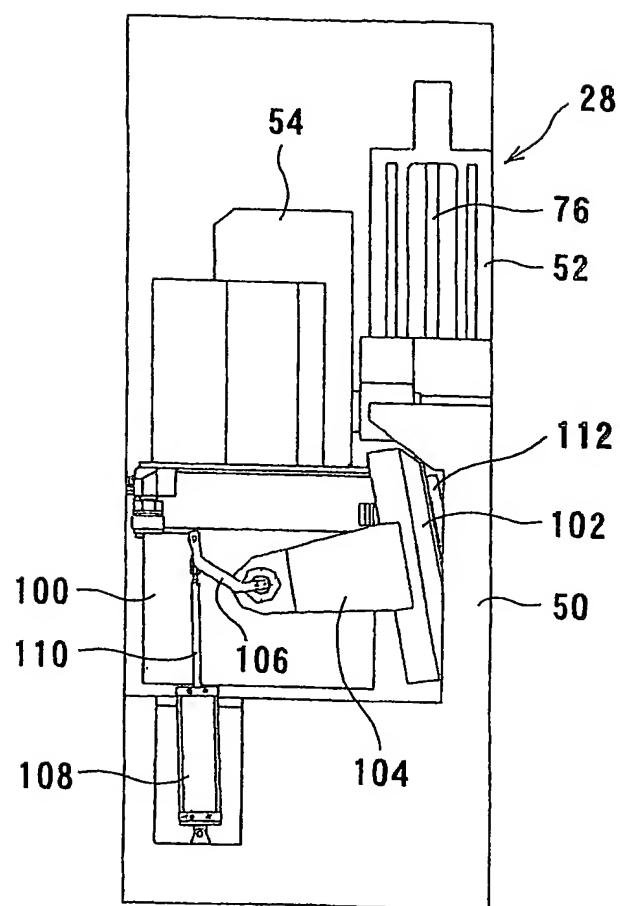
10/46

FIG. 11



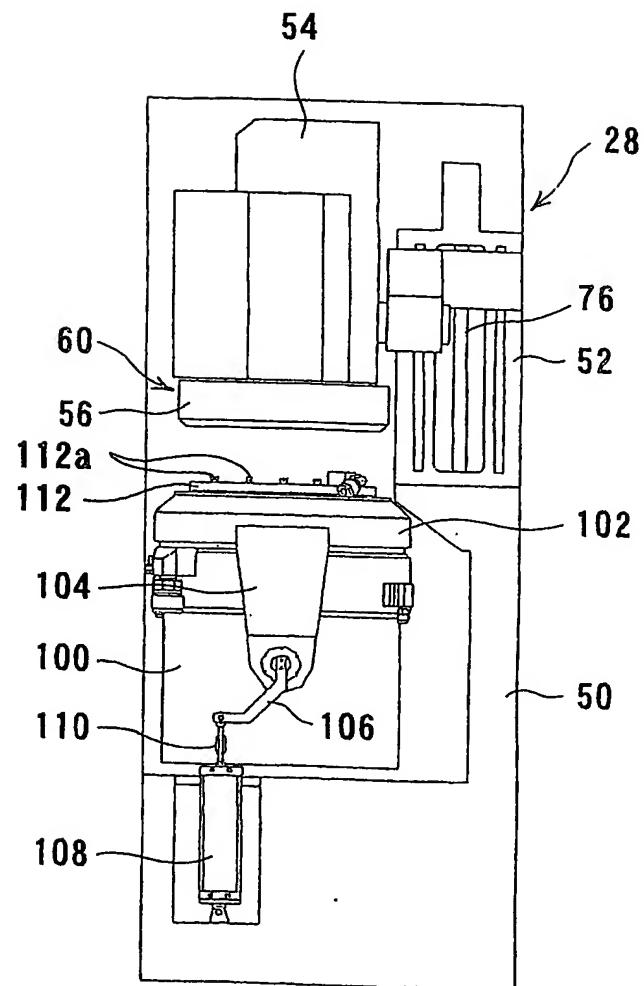
11/46

FIG. 12



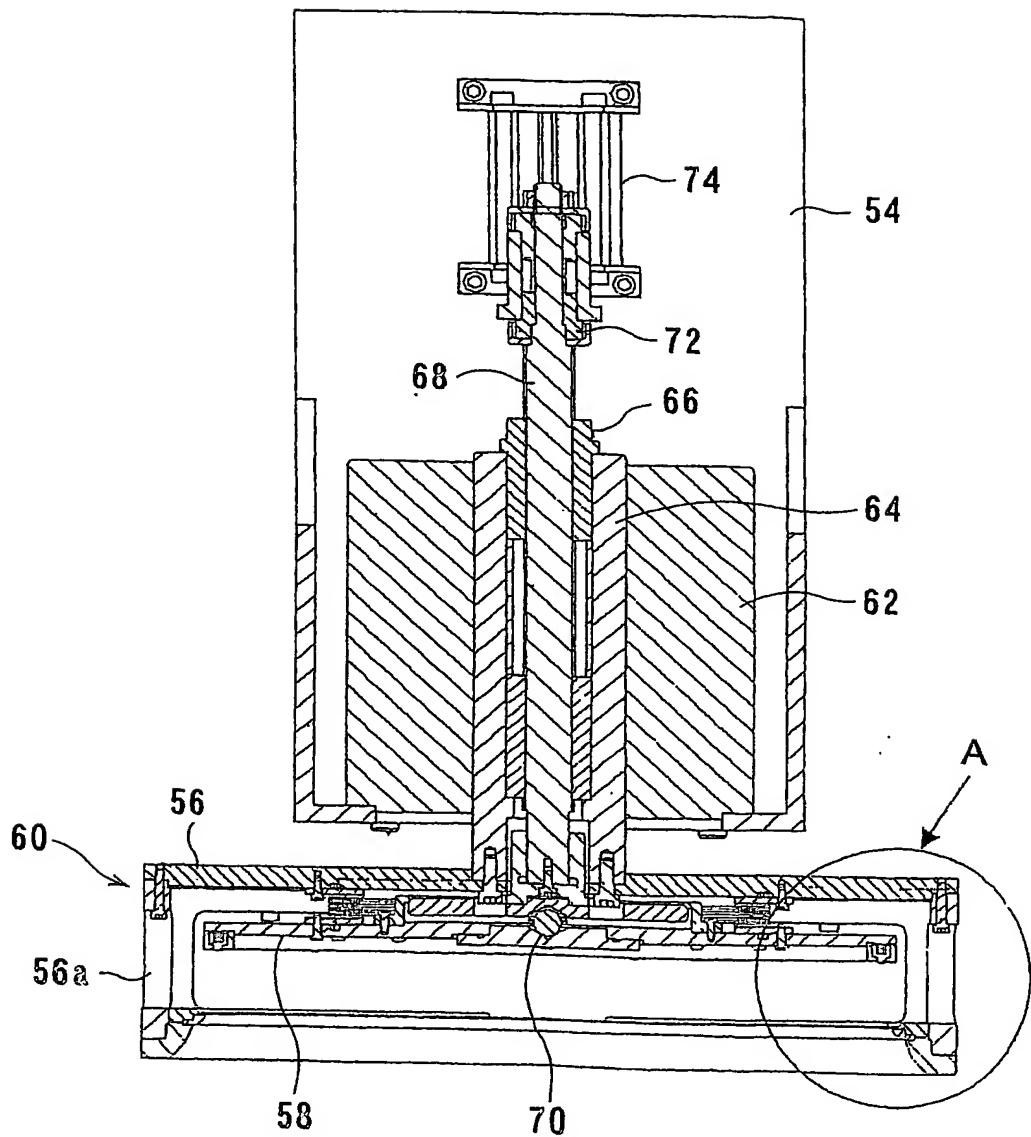
12/46

F / G. 13



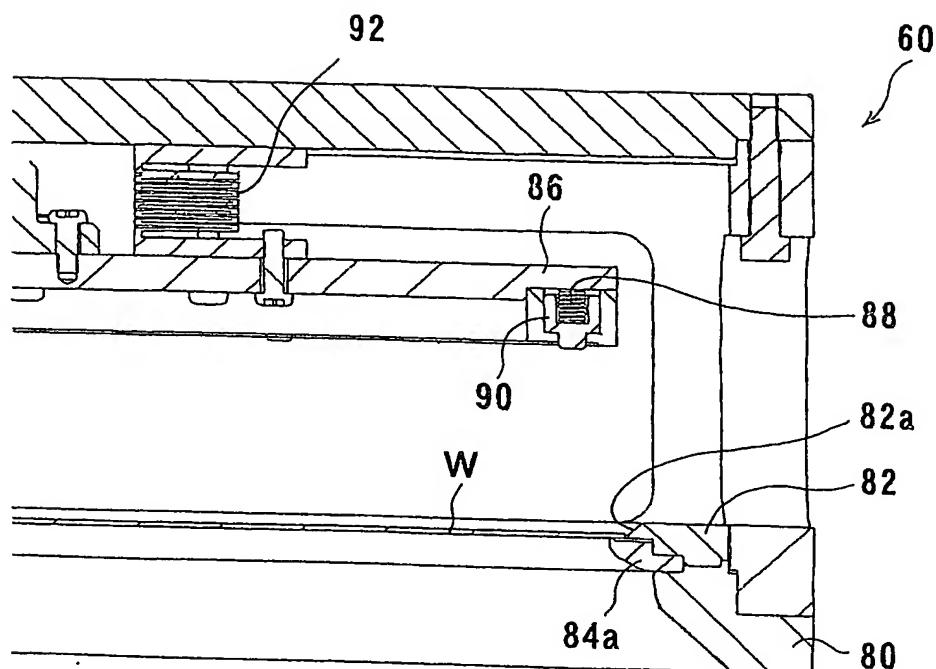
13/46

FIG. 14



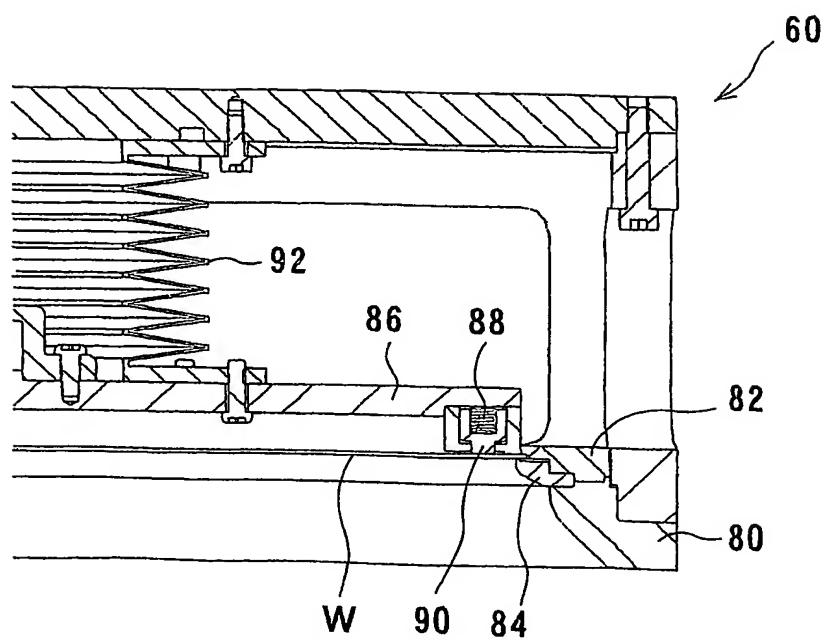
14/46

FIG. 15



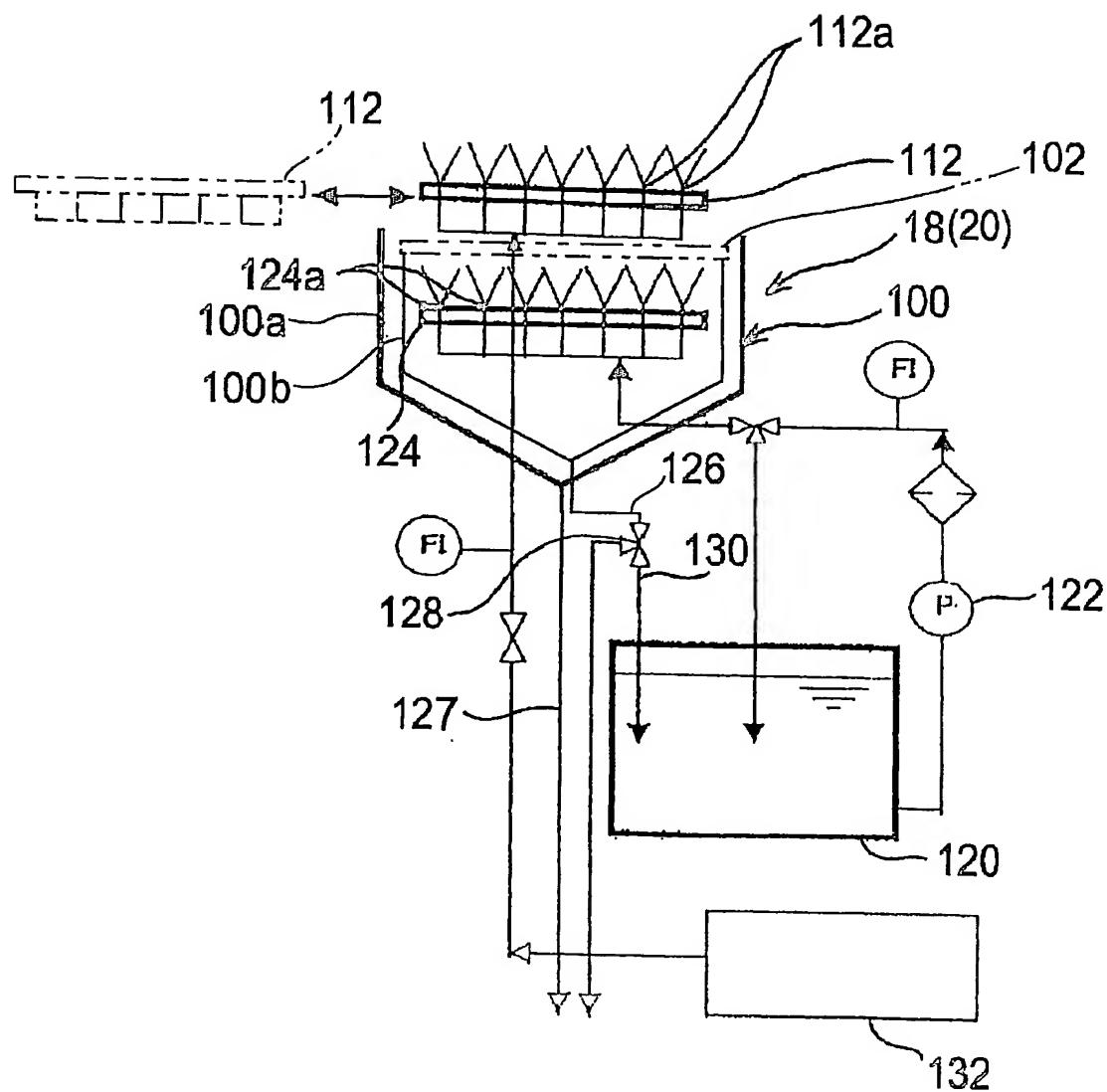
15/46

FIG. 16



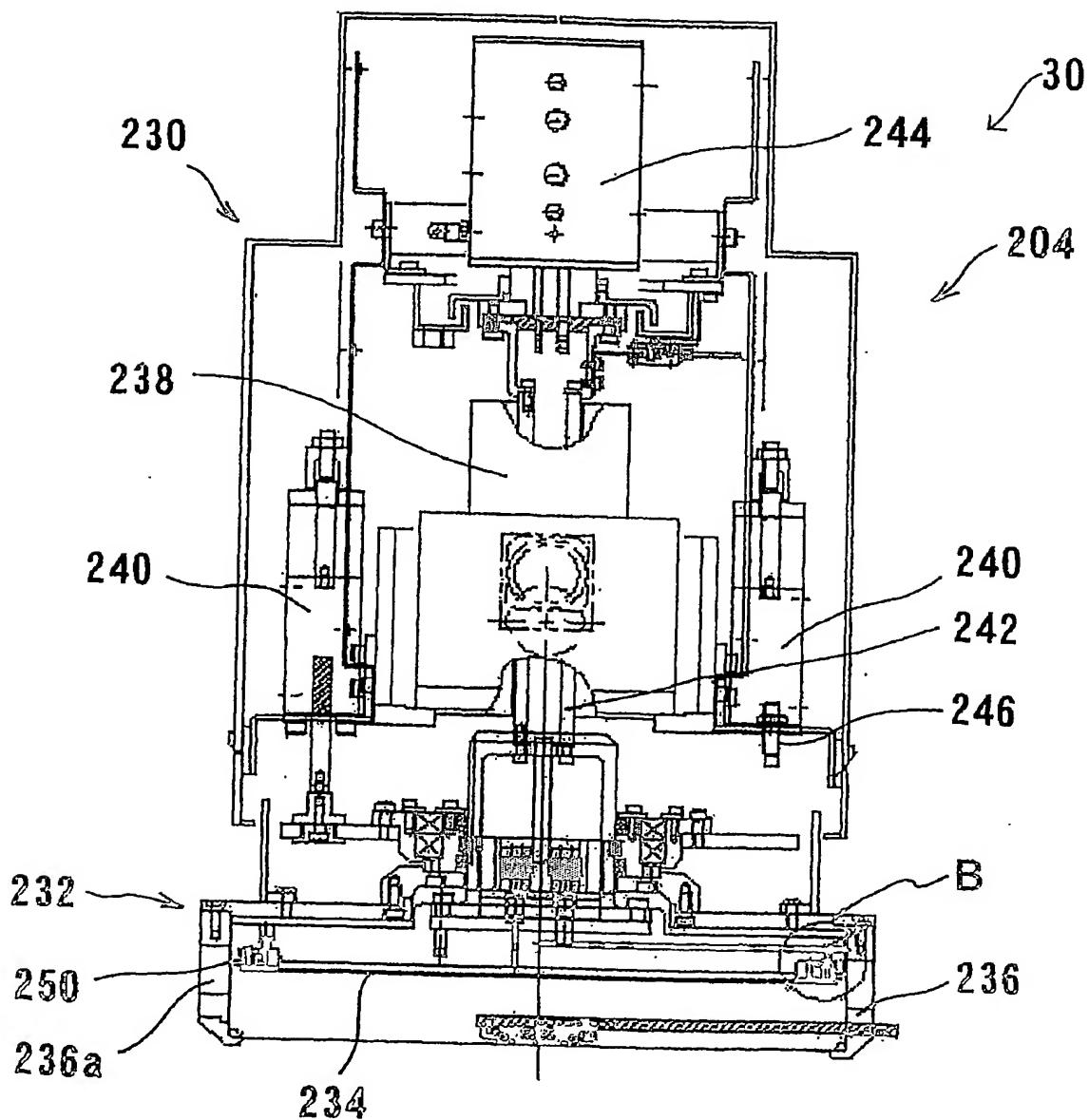
16/46

FIG. 17



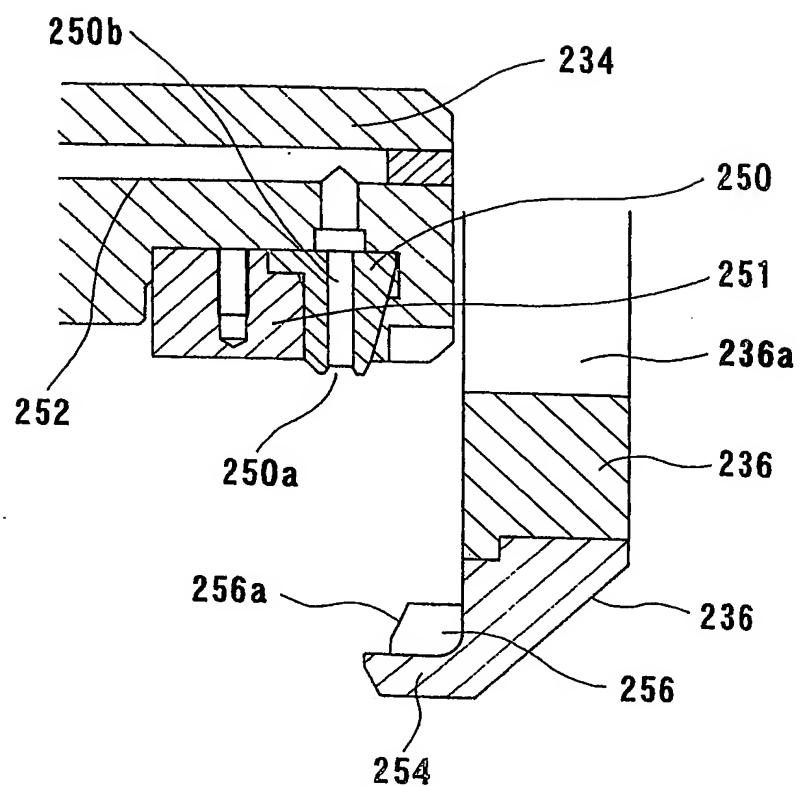
17/46

FIG. 18



18/46

FIG. 19



19/46

FIG. 20

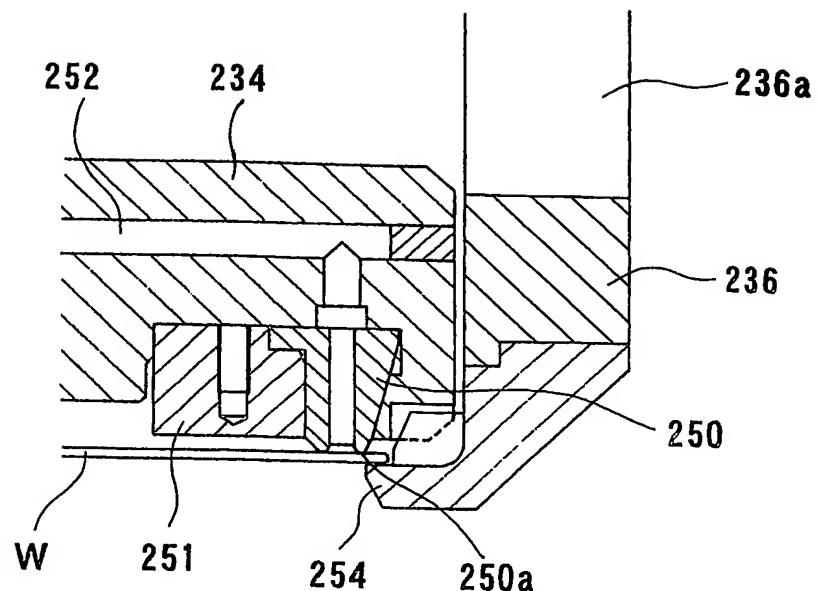
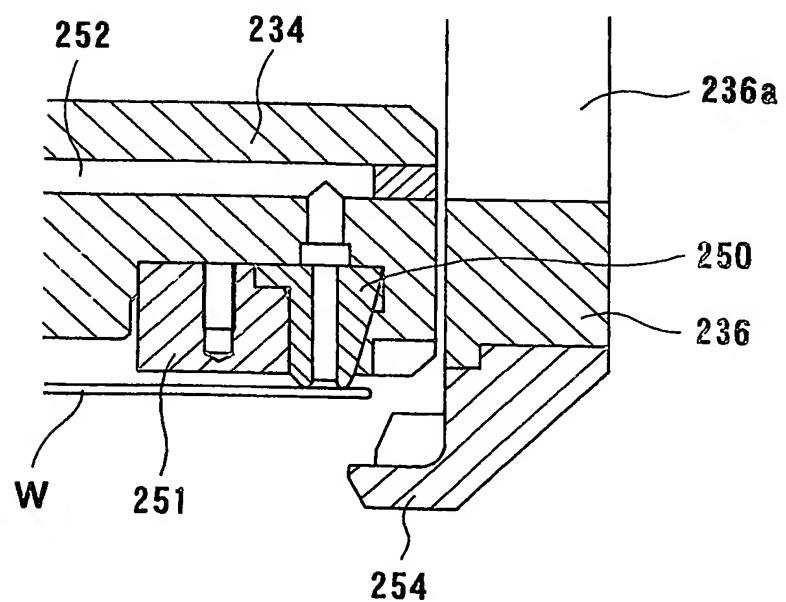
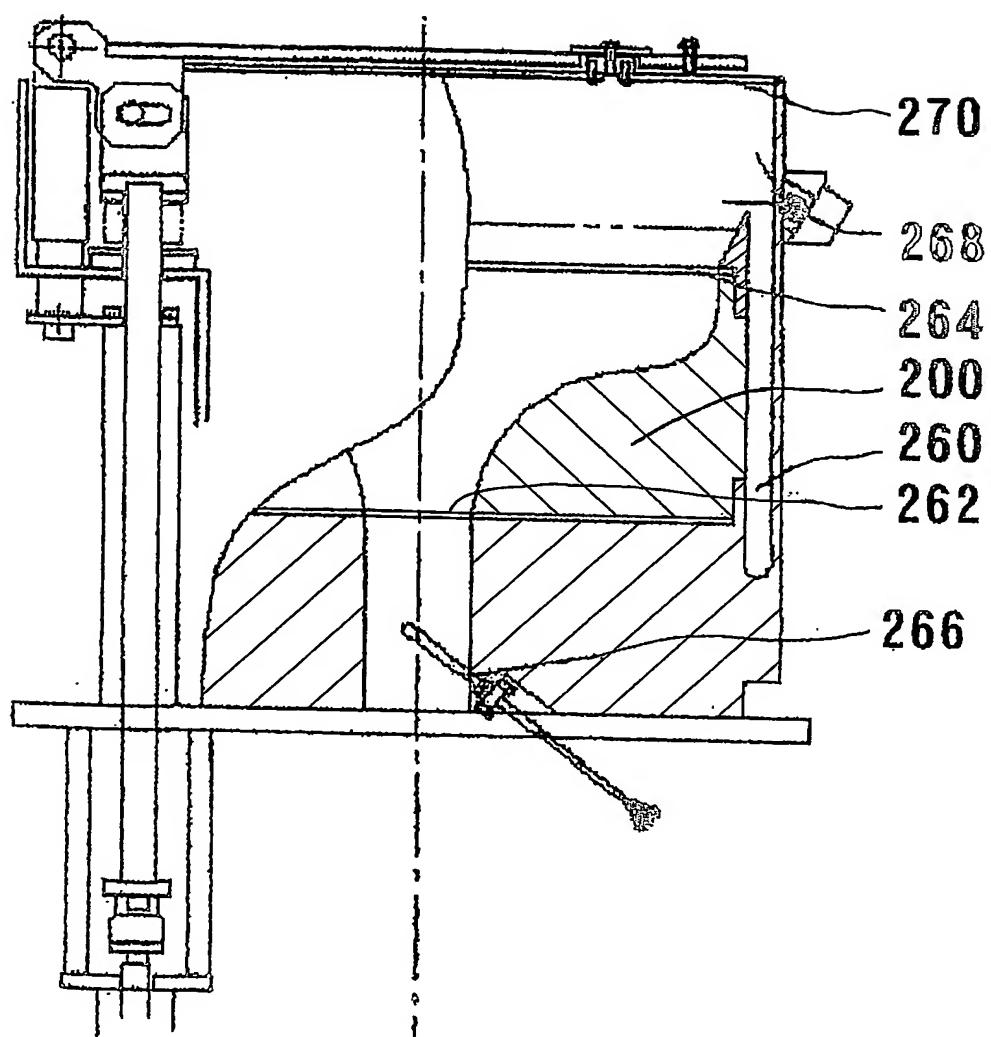


FIG. 21



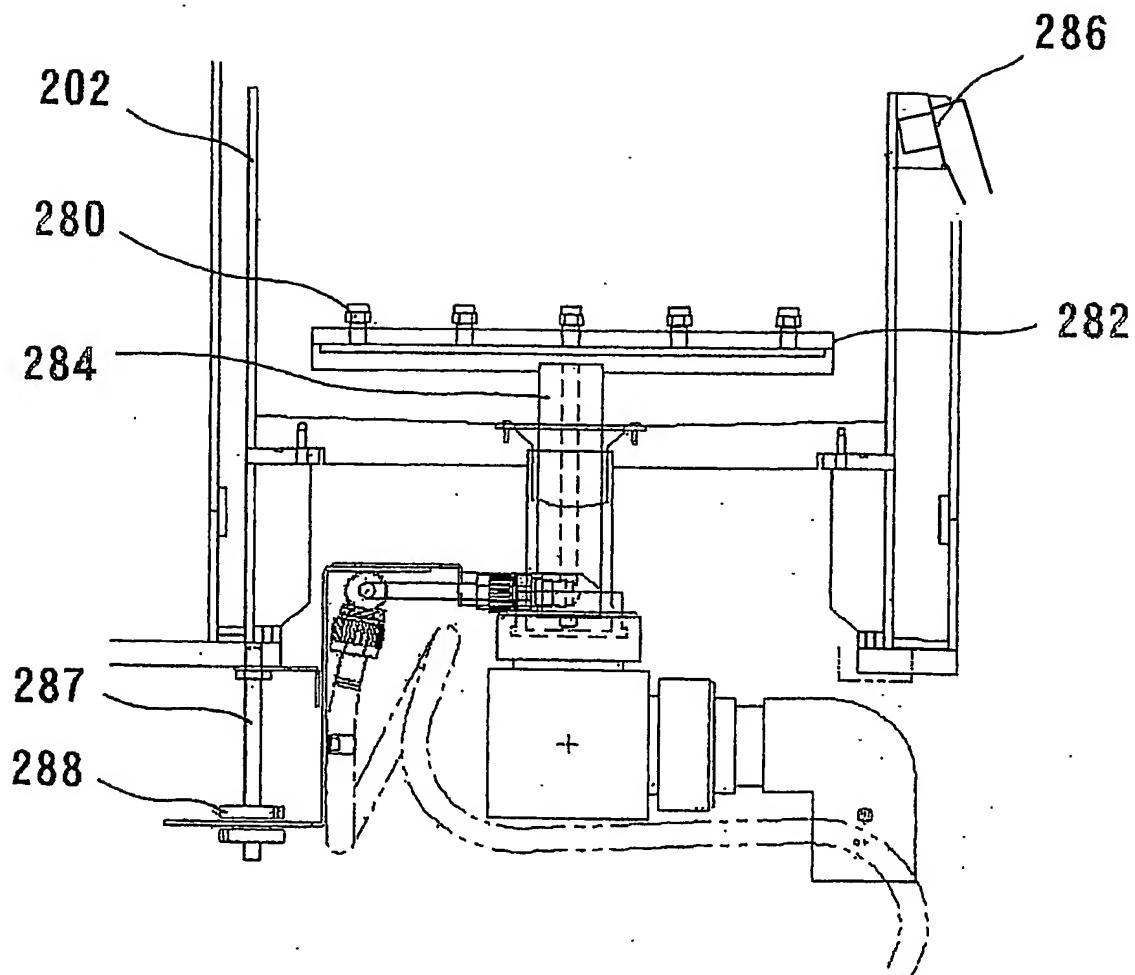
20/46

F / G. 22



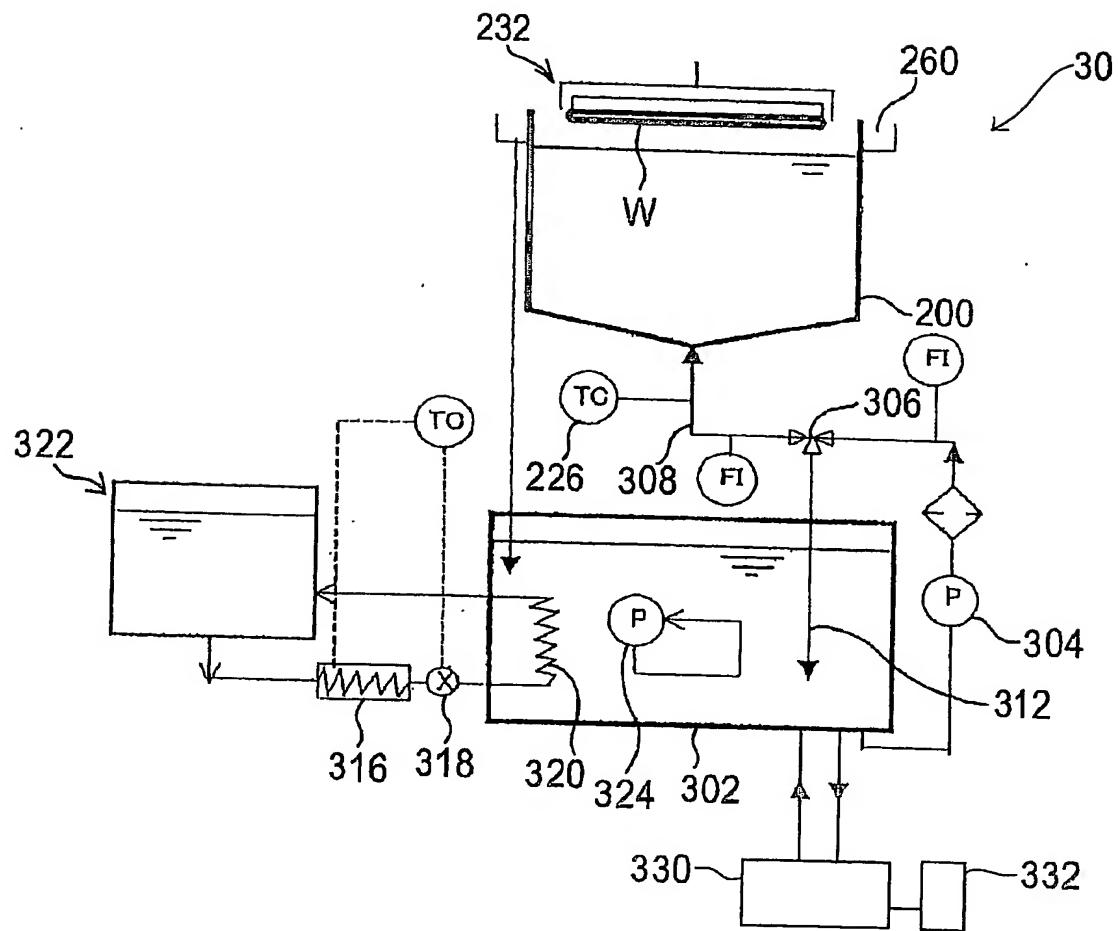
21/46

FIG. 23



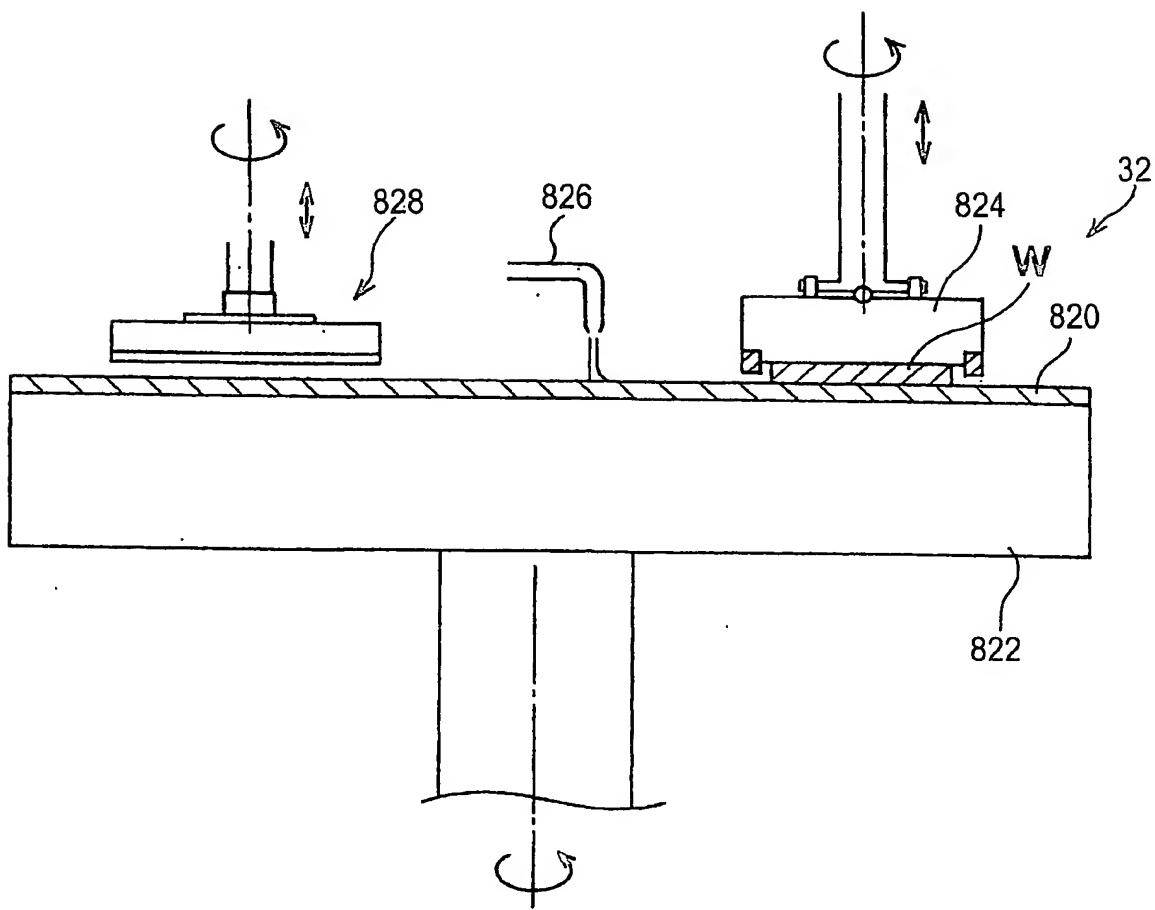
22/46

F / G. 24



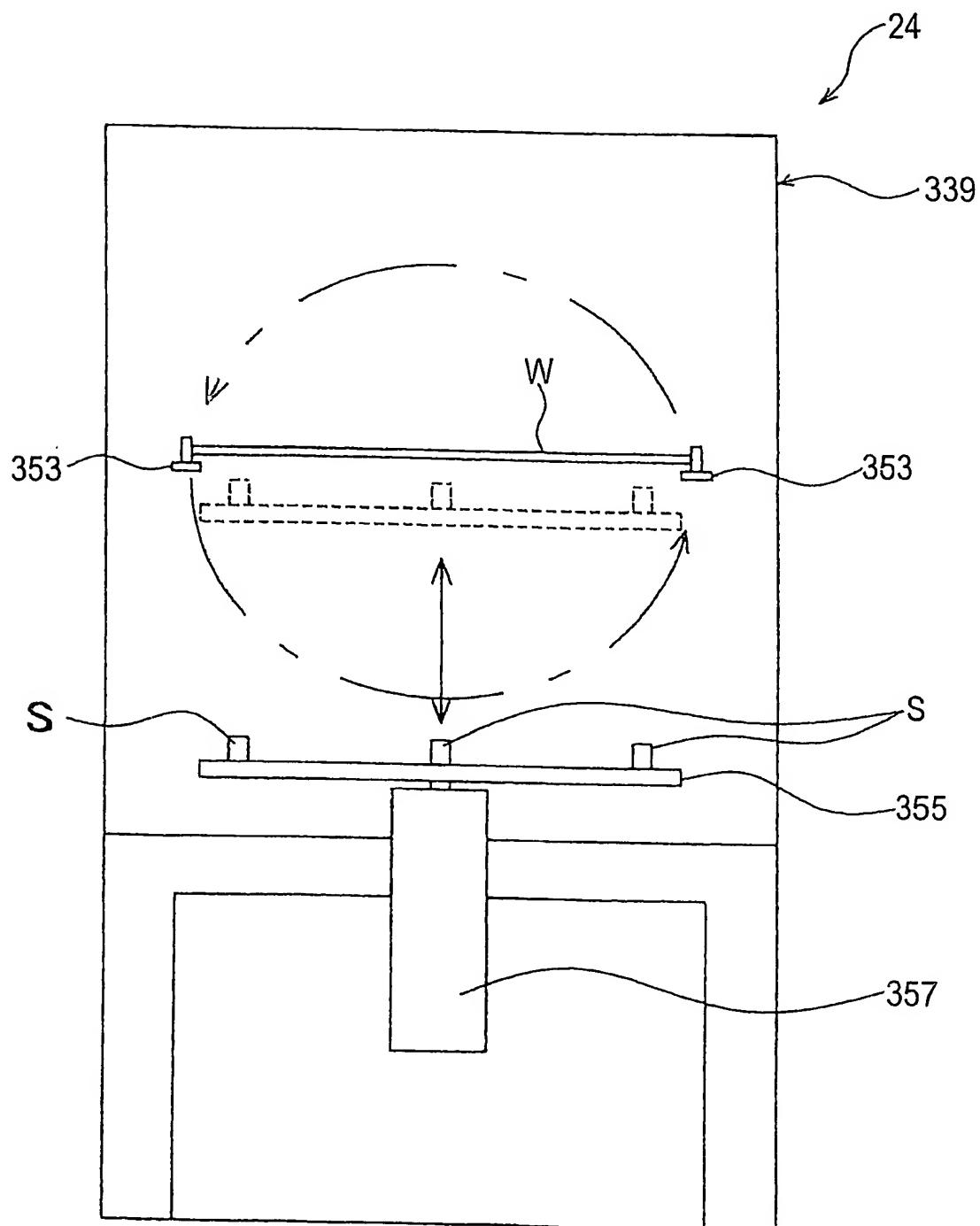
23/46

FIG. 25



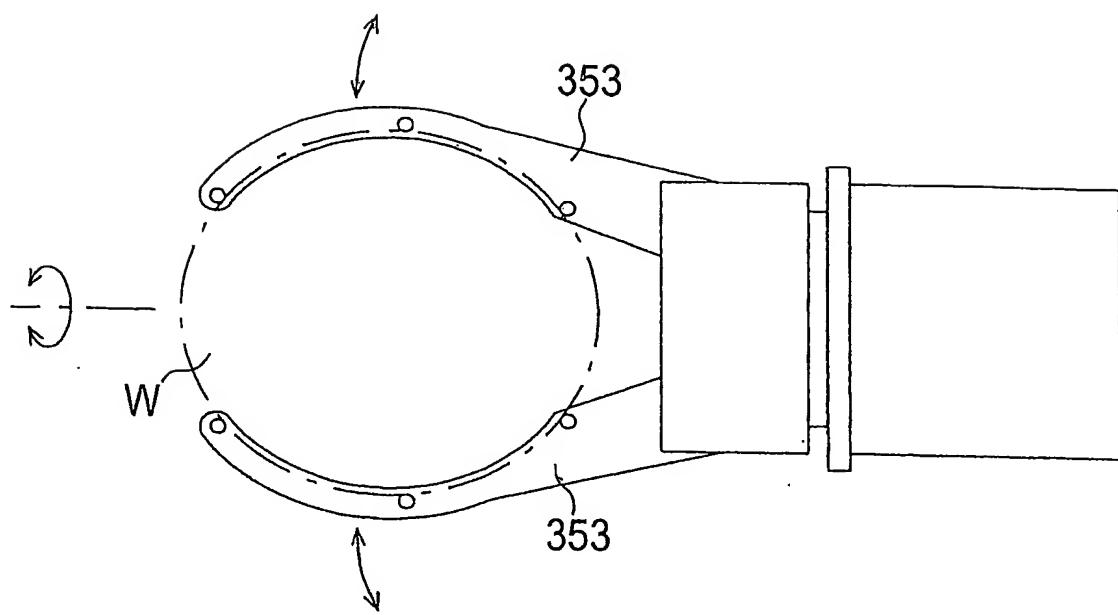
24/46

FIG. 26



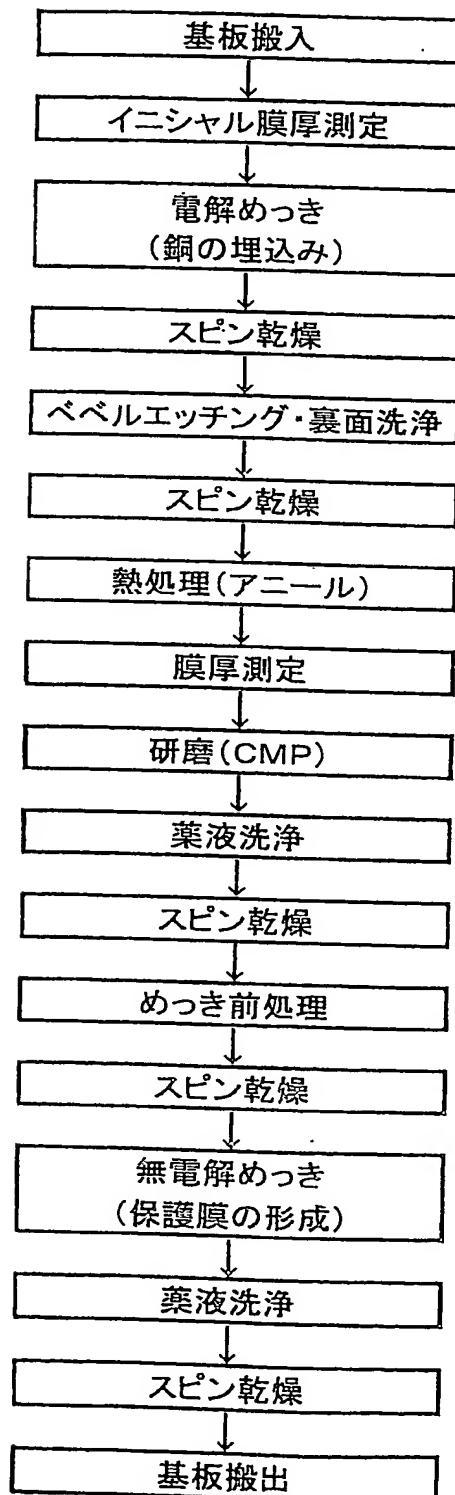
25/46

FIG. 27



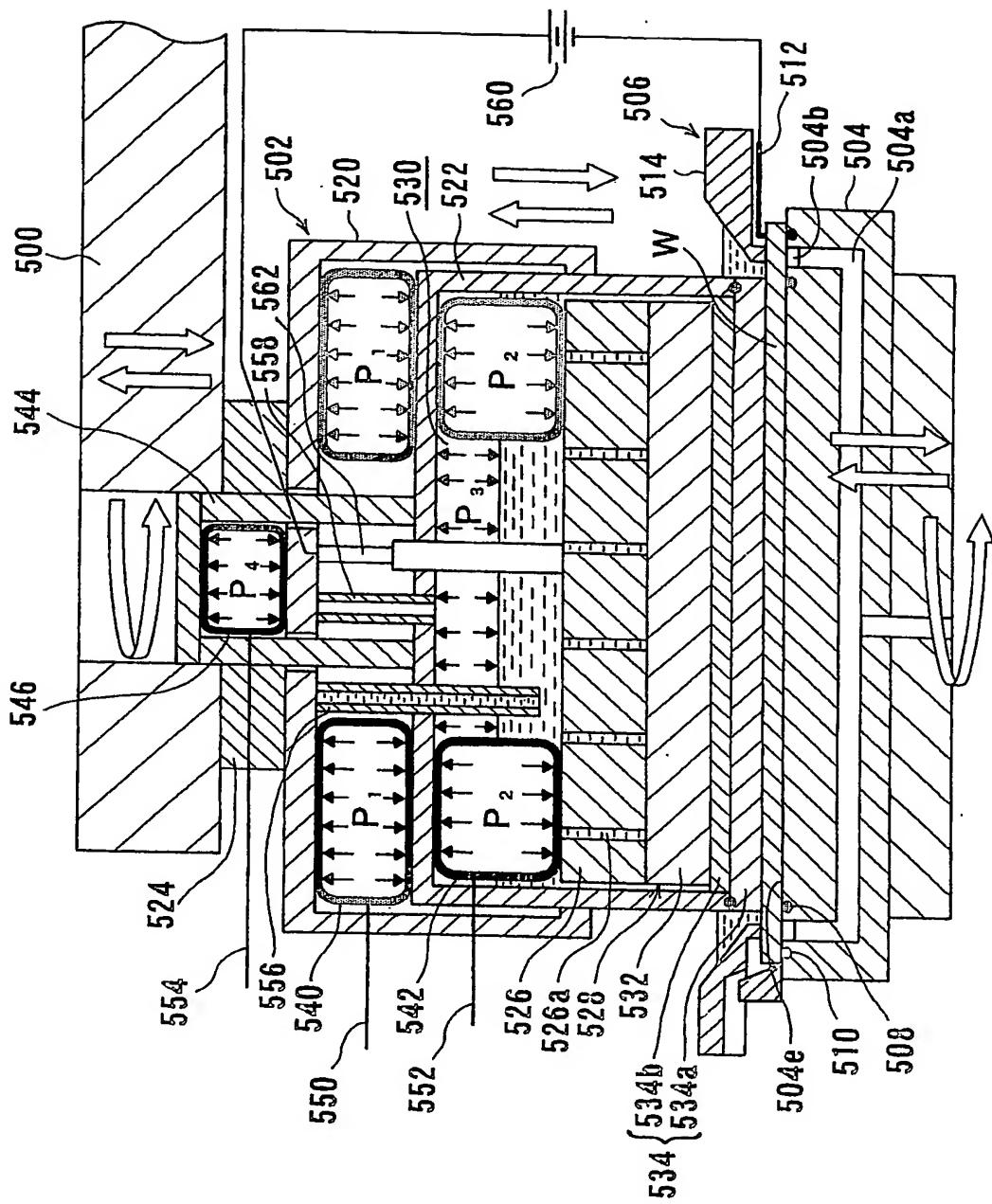
26/46

F / G. 28



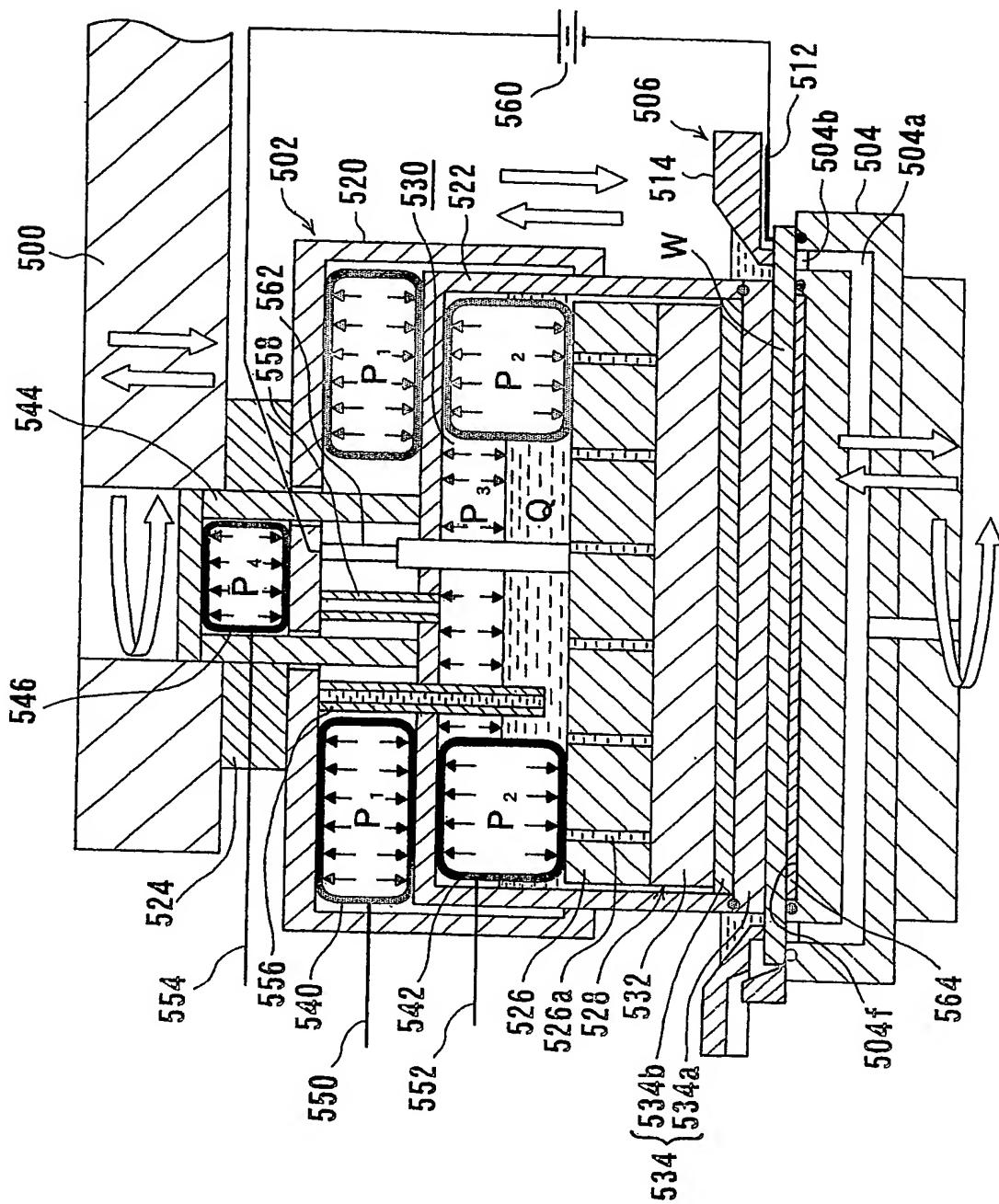
27/46

FIG. 29



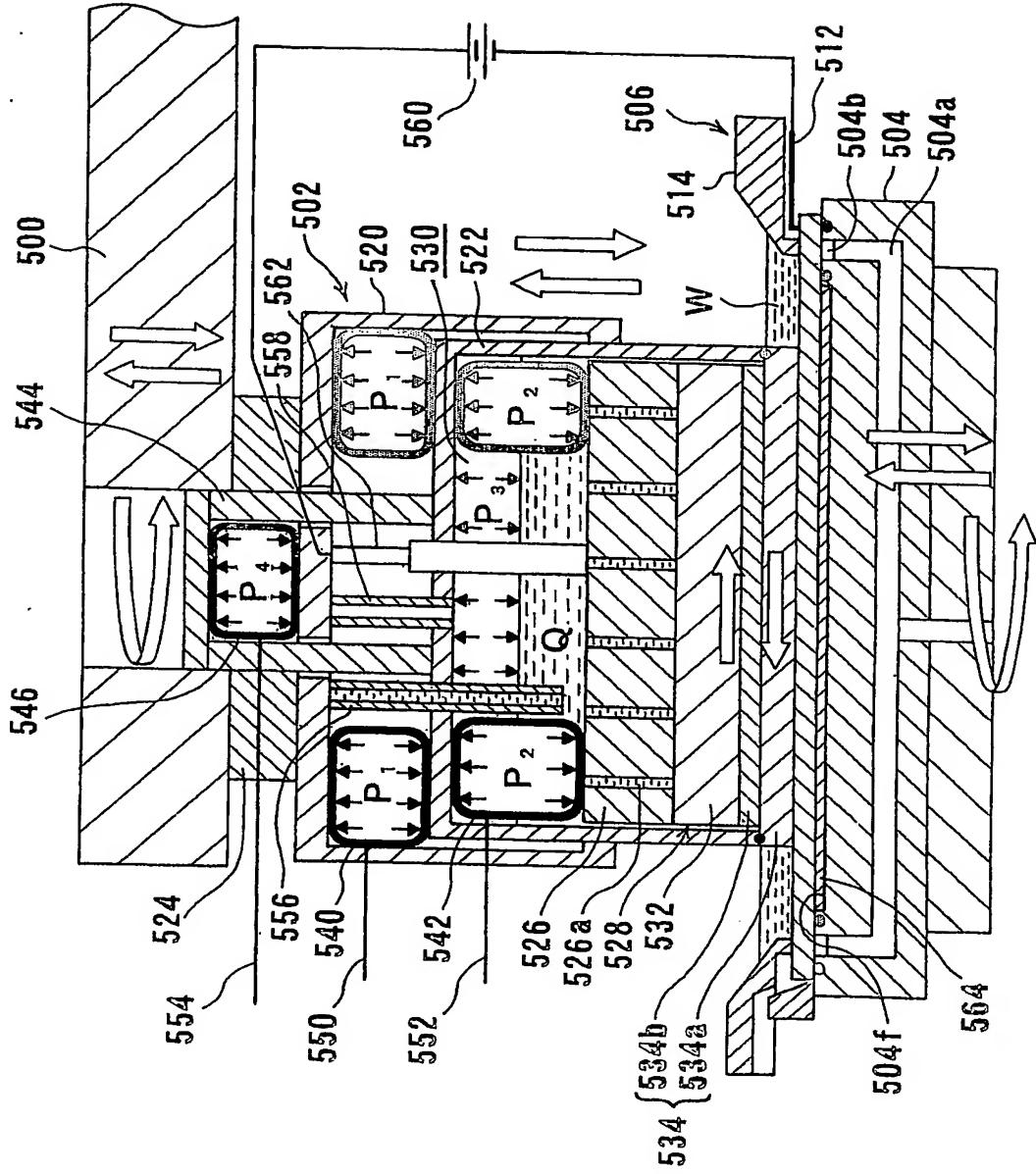
28/46

FIG. 30



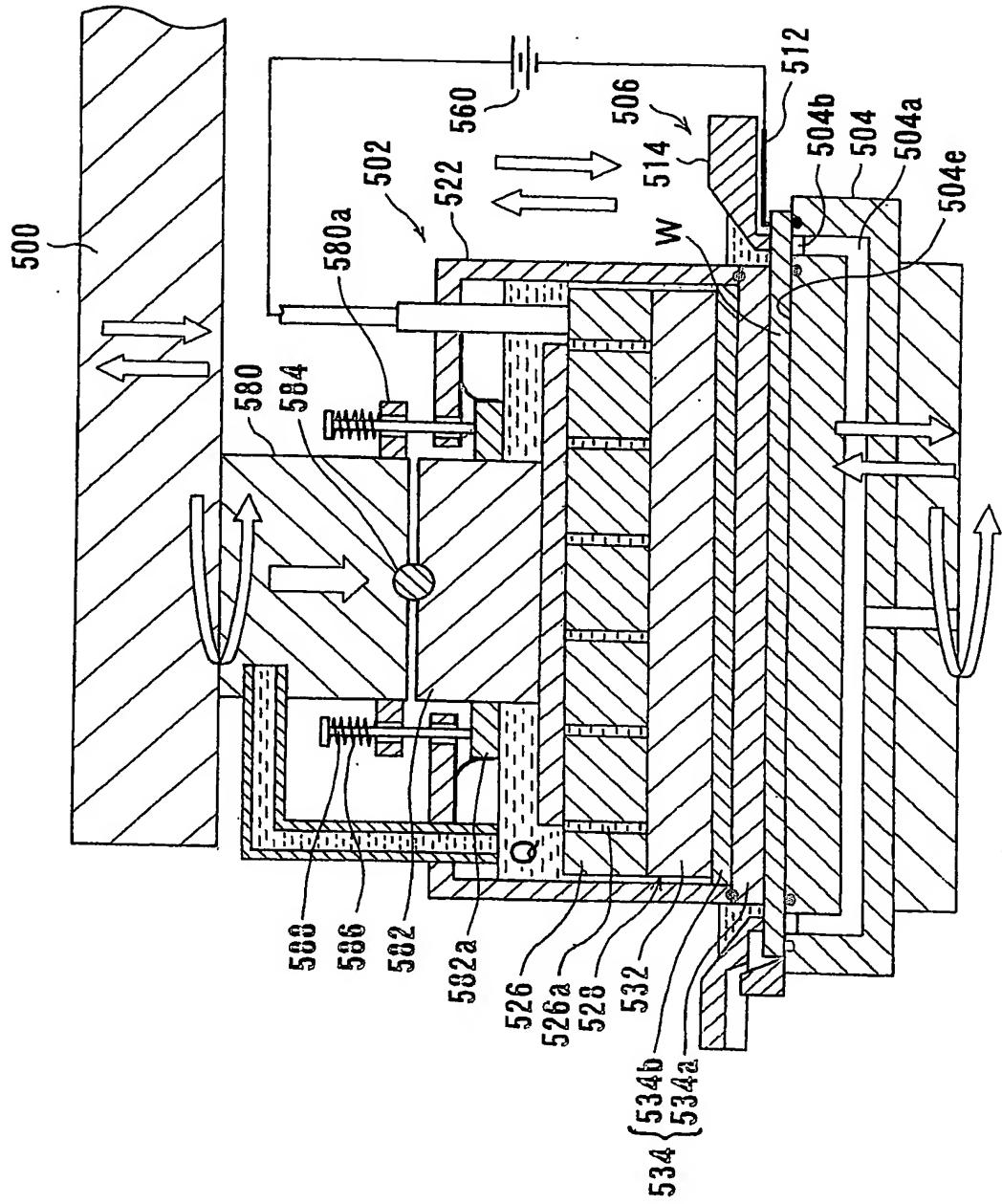
29/46

FIG. 31



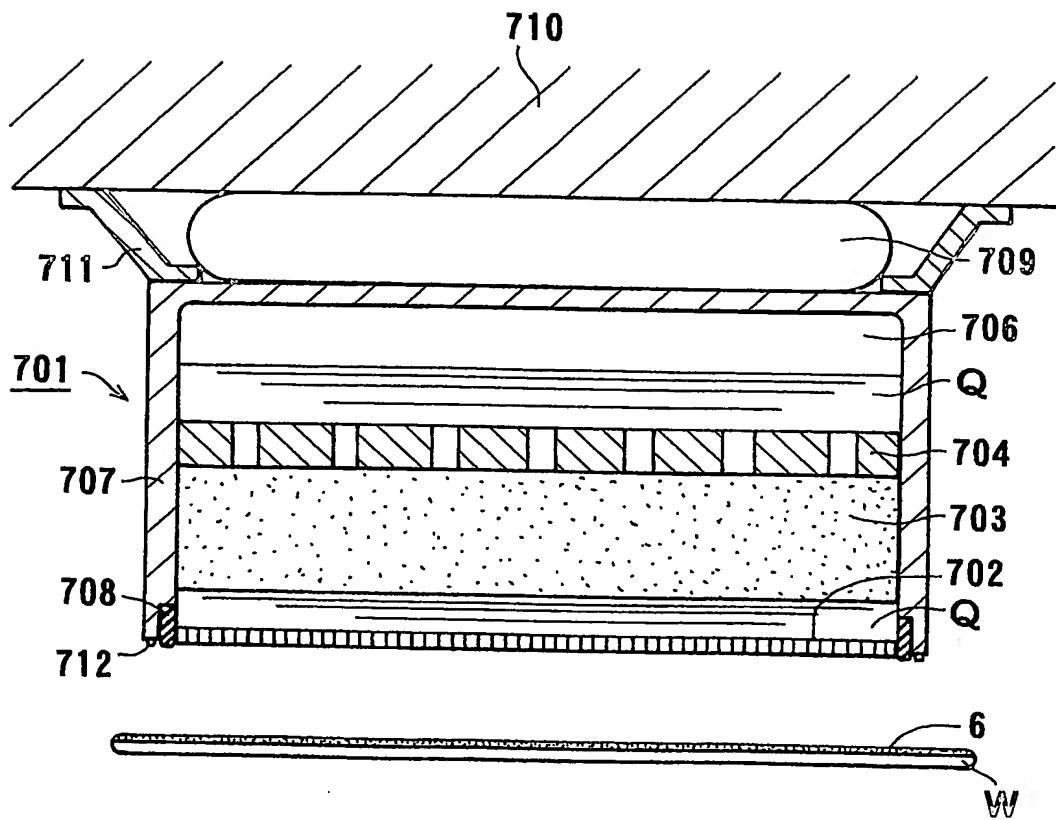
30/46

FIG. 32



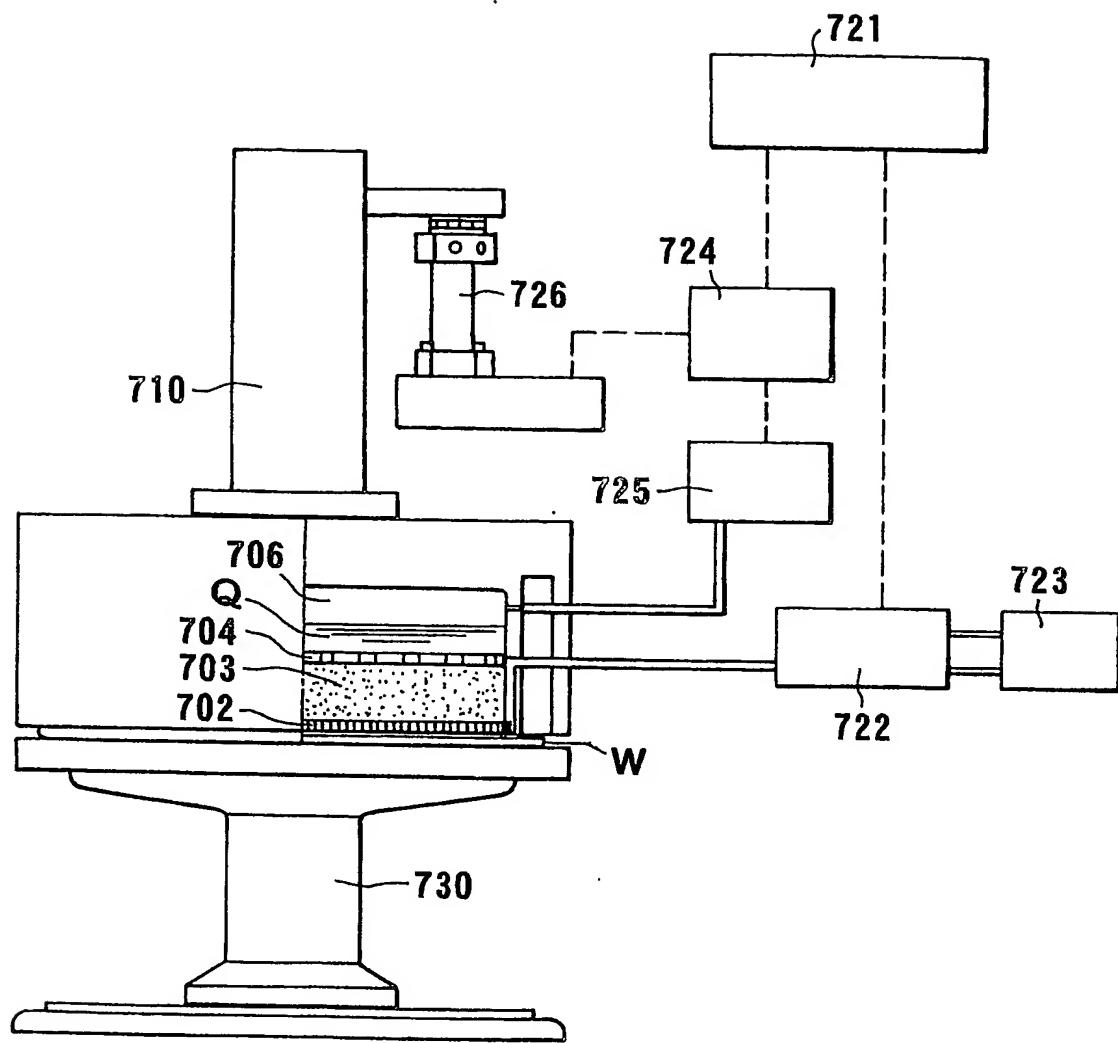
31/46

FIG. 33

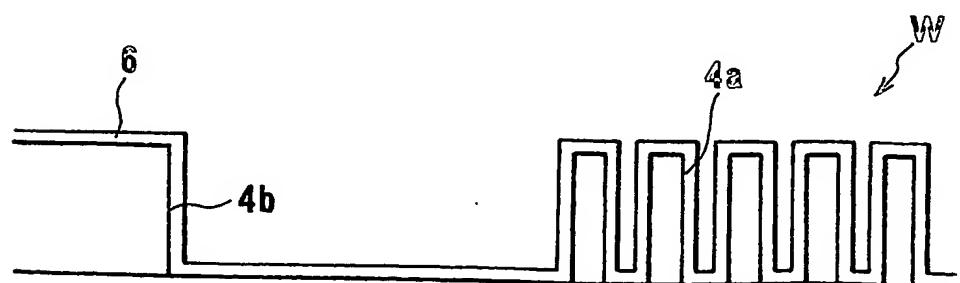


32/46

F / G. 34



F / G. 35



33/46

FIG. 36

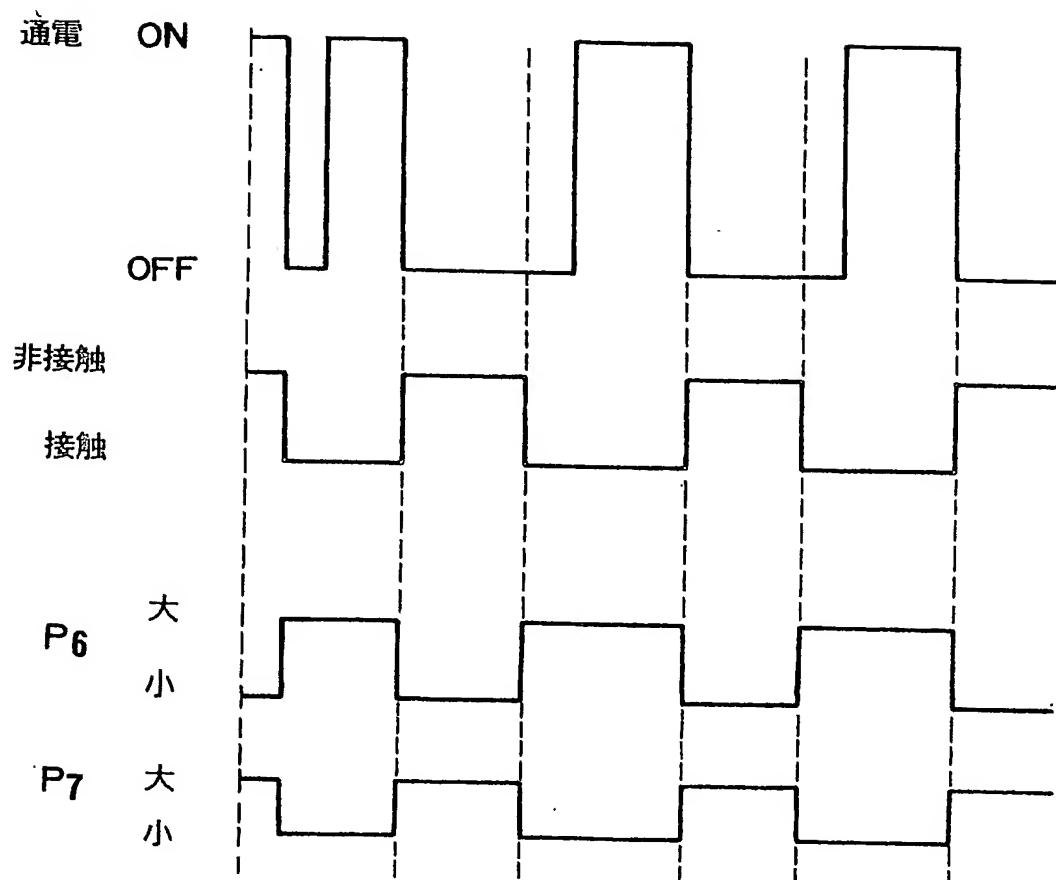
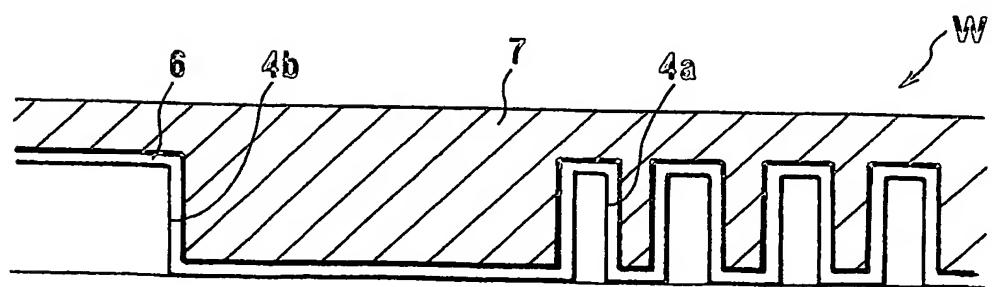
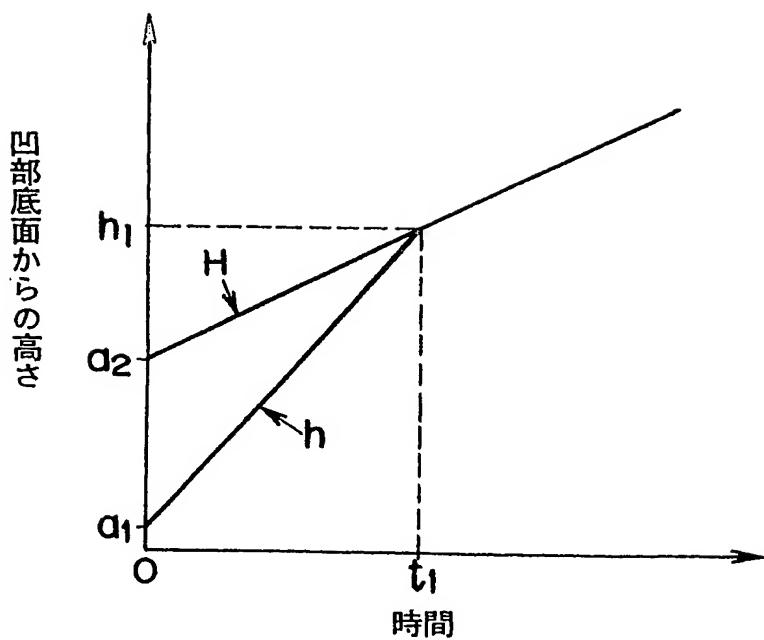


FIG. 37

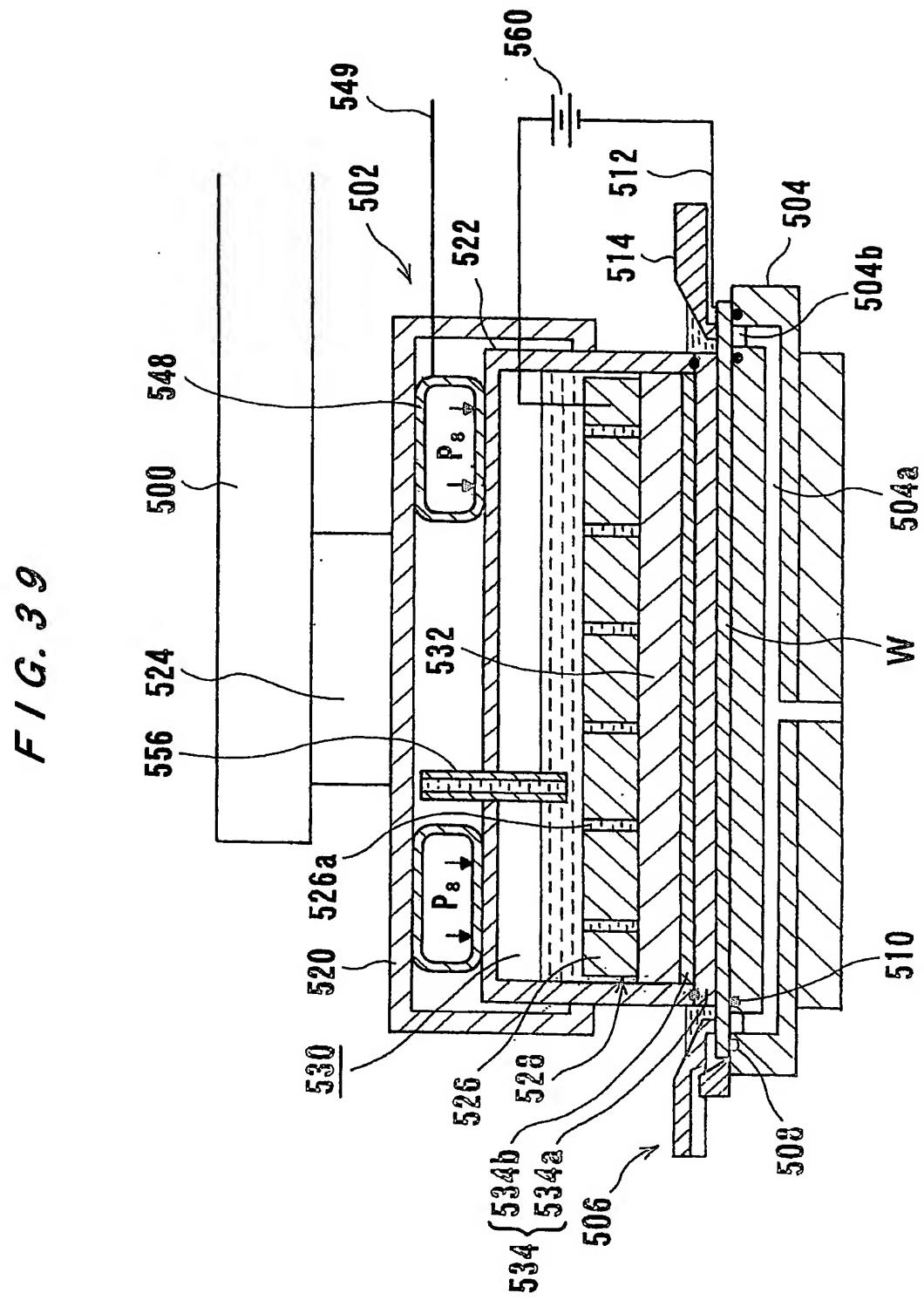


34/46

F / G. 38

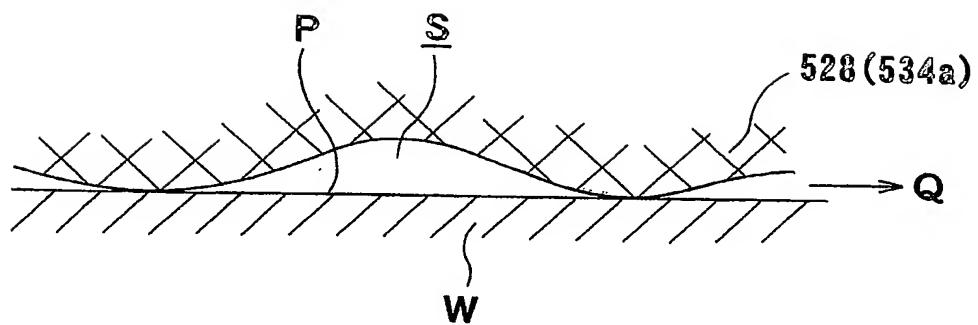


35/46



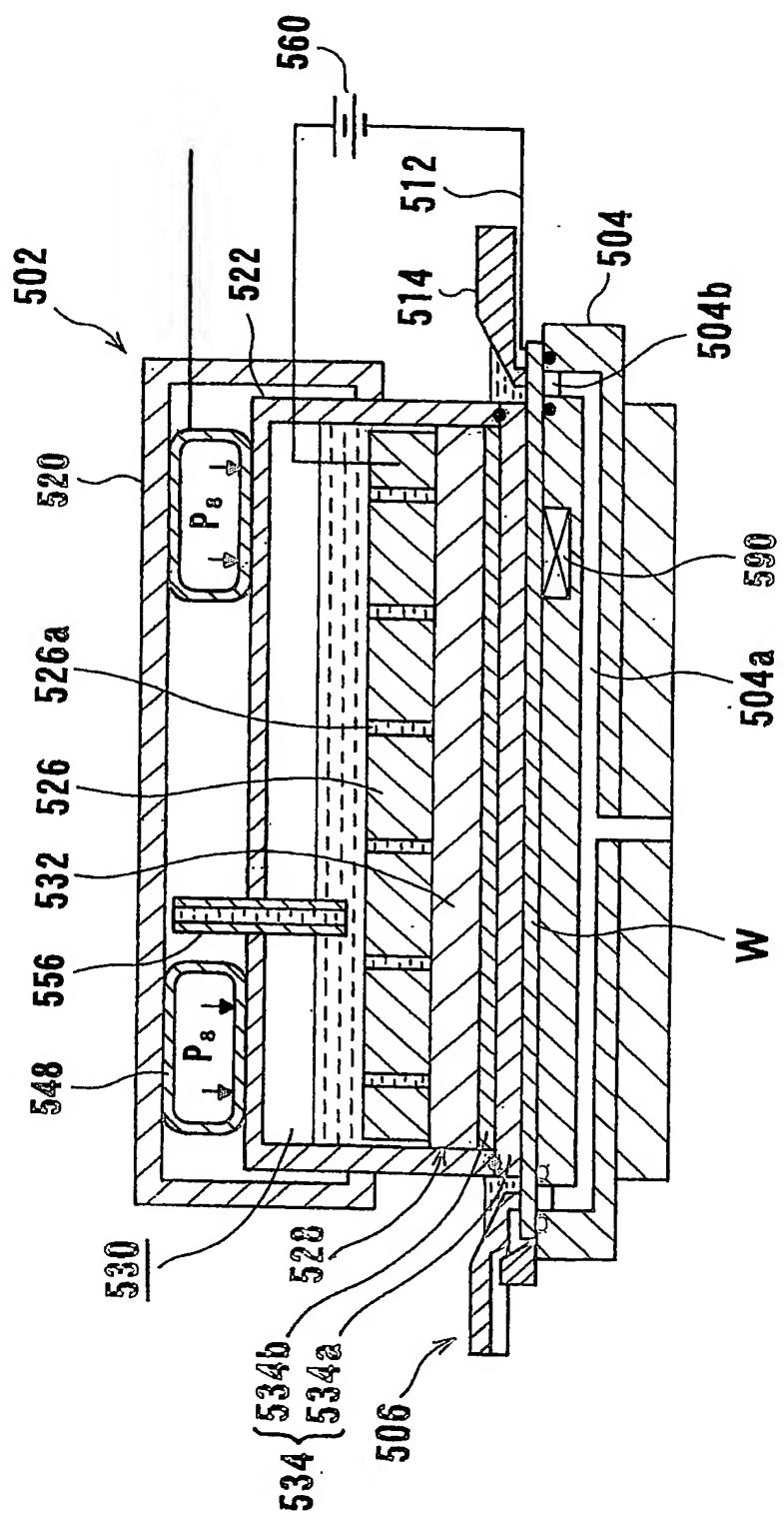
36/46

F / G. 40



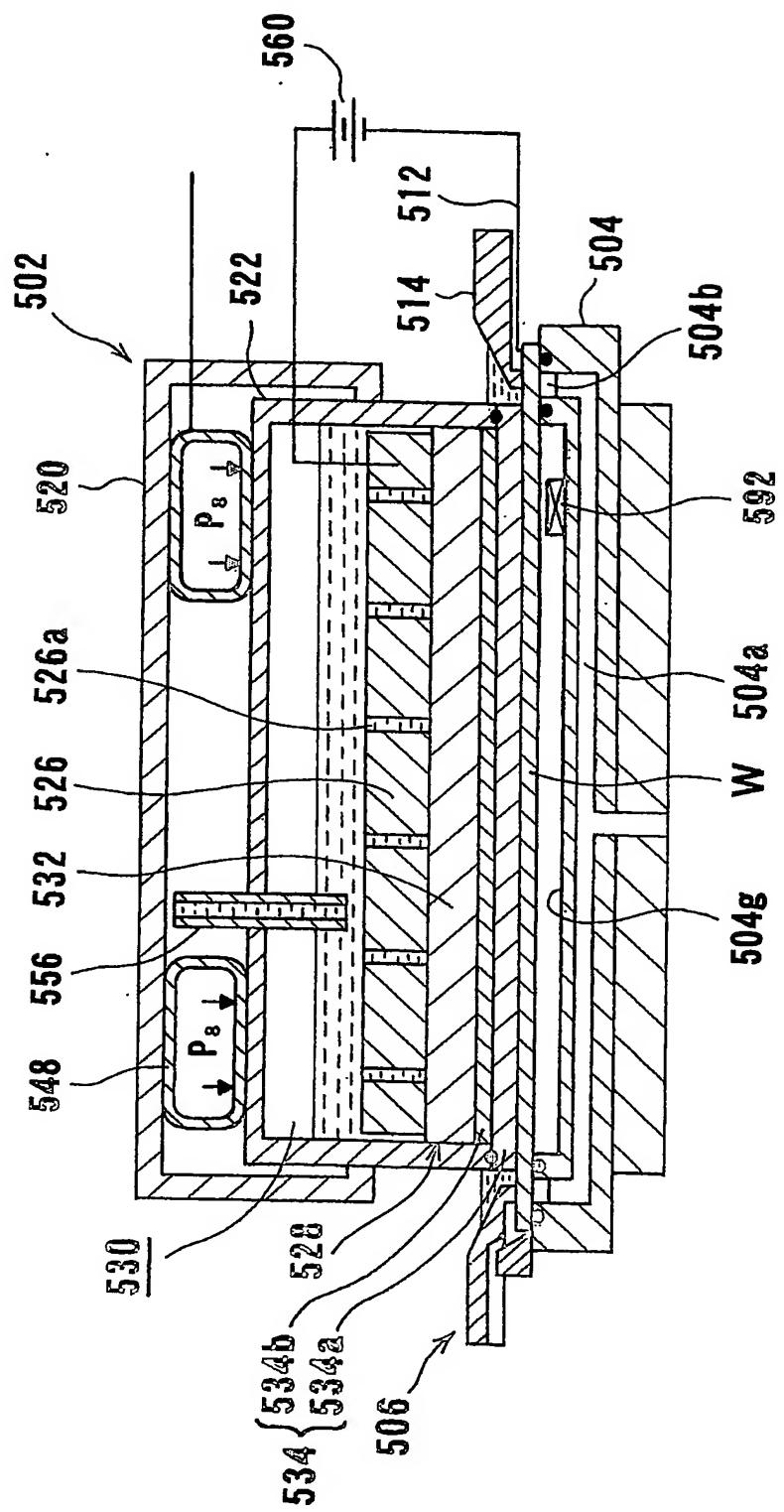
37/46

FIG. 41



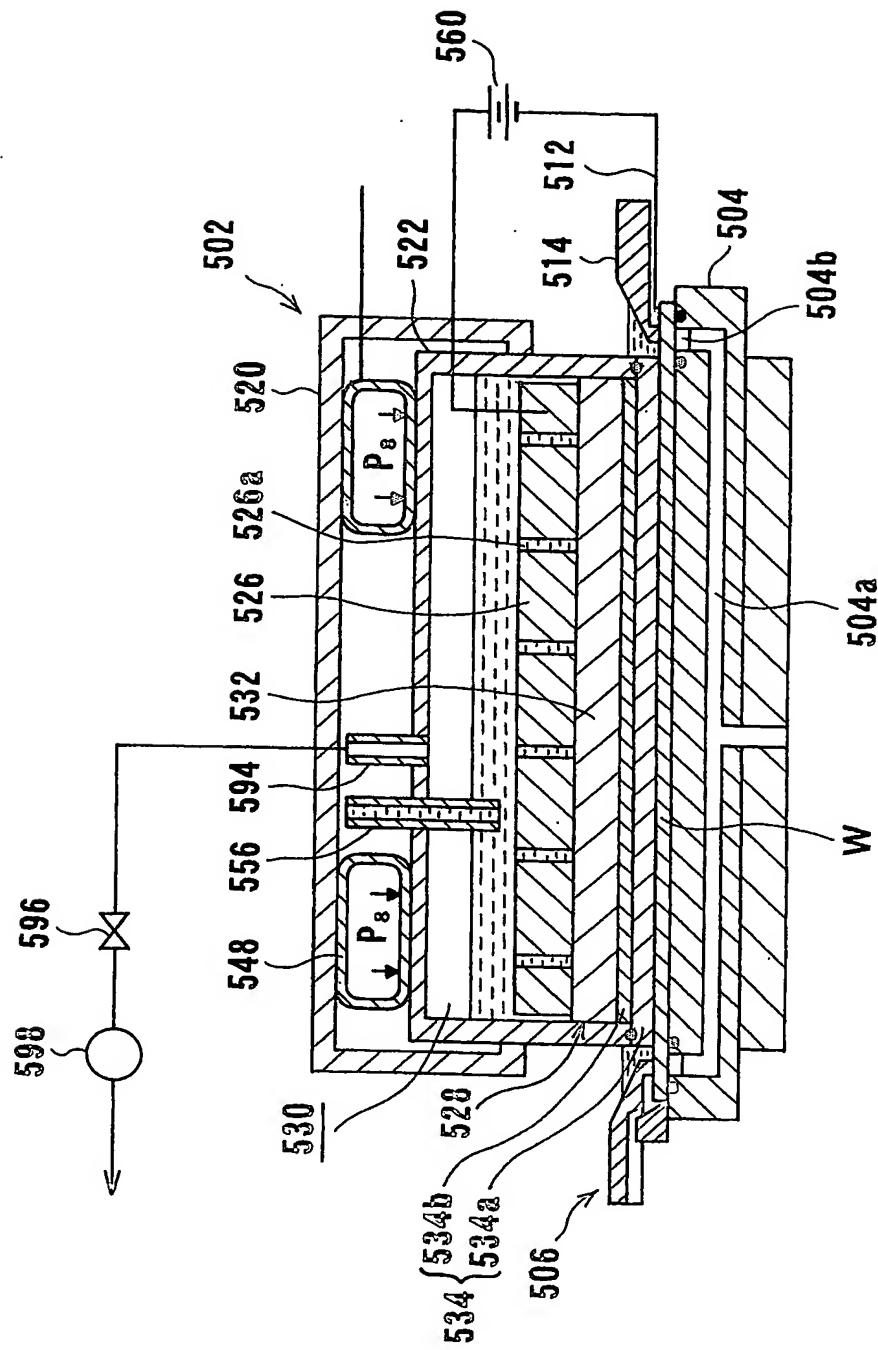
38/46

FIG. 42



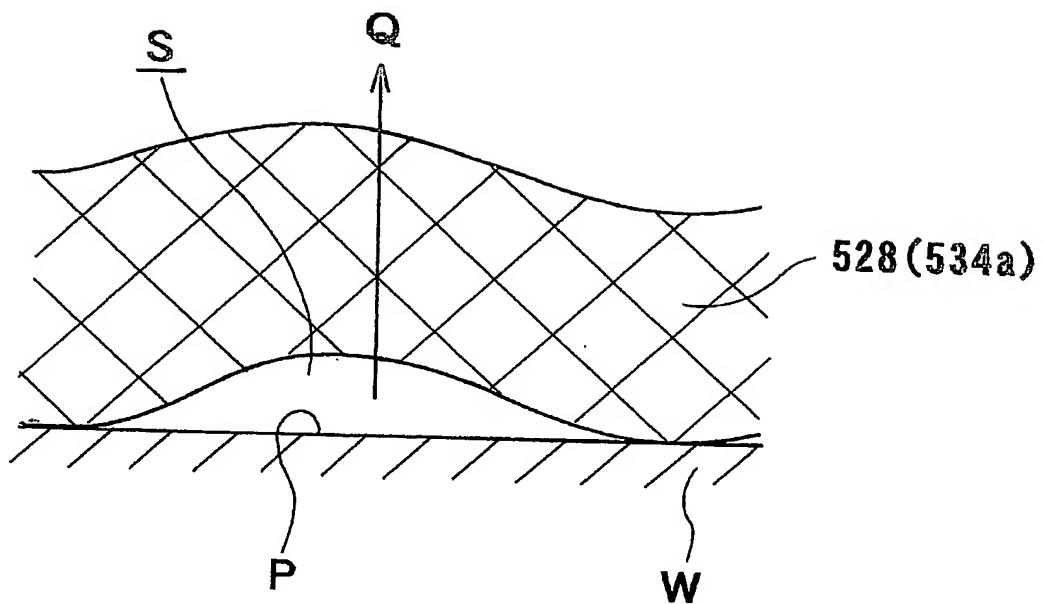
39/46

FIG. 43



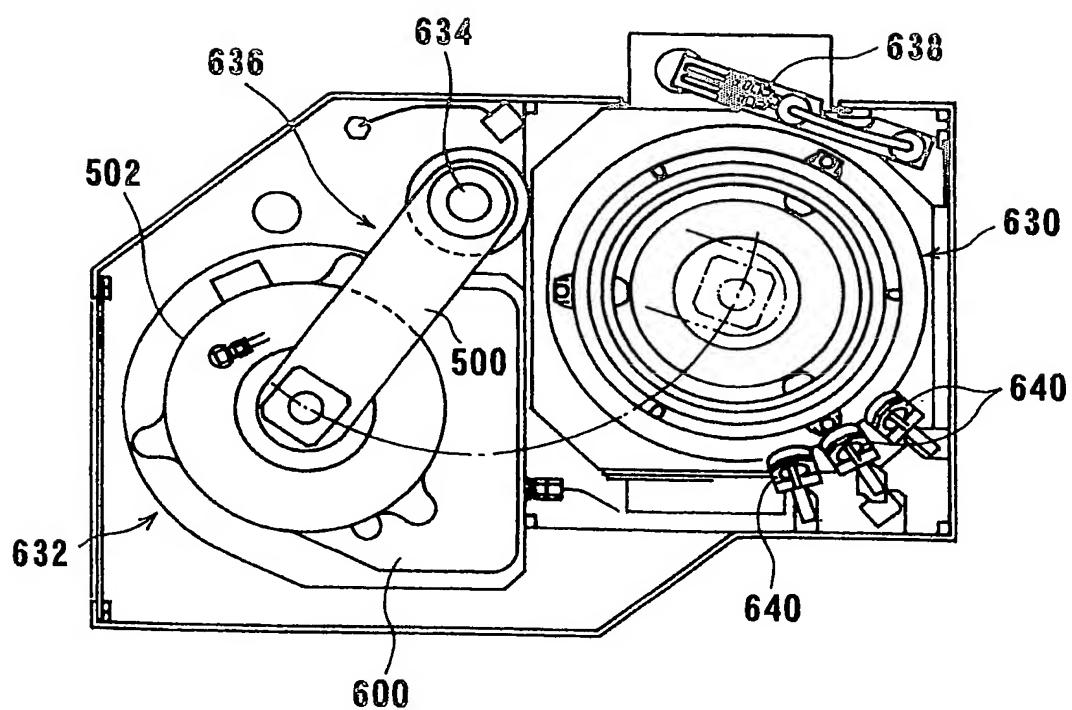
40/46

F / G. 44



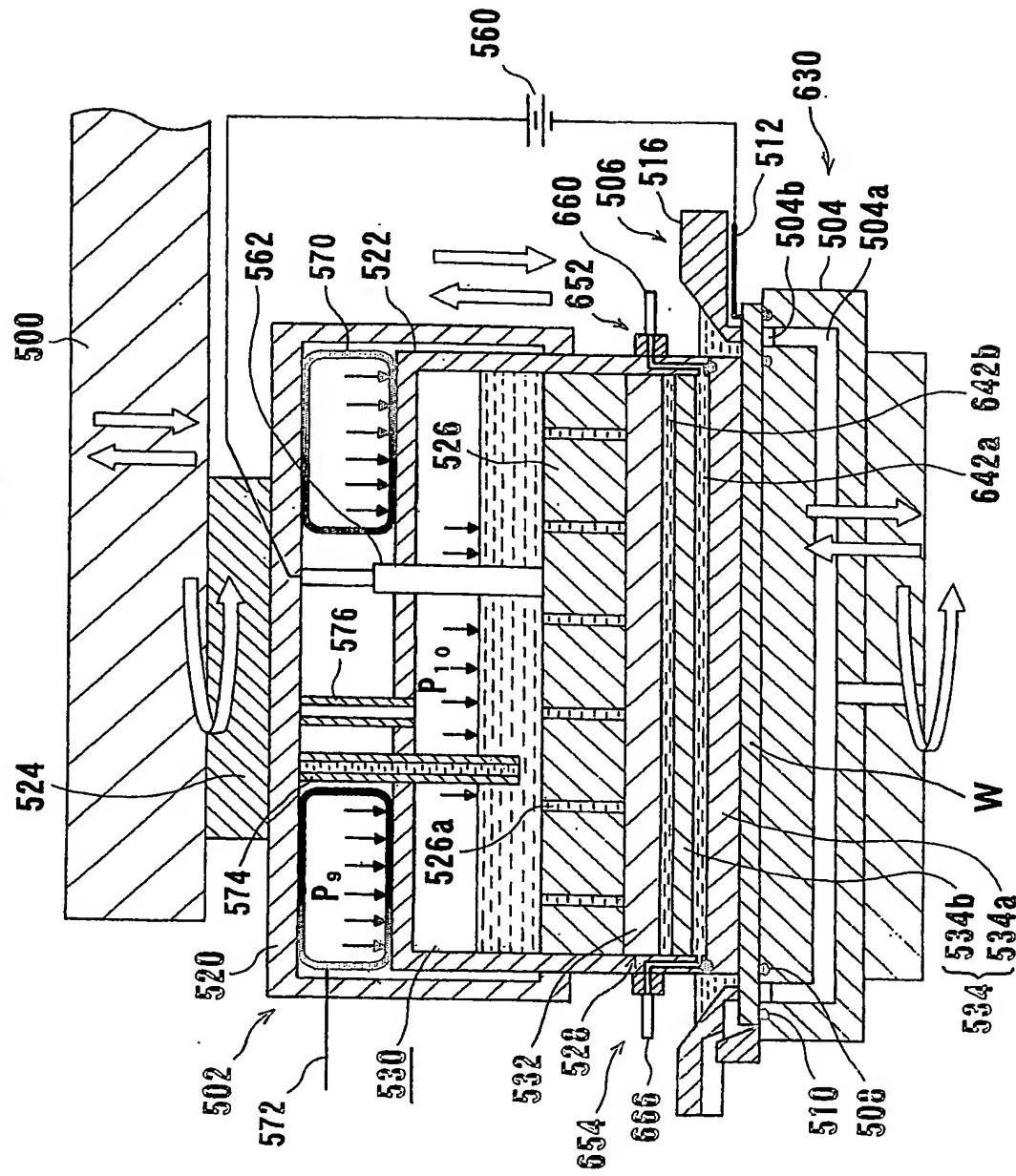
41/46

FIG. 45



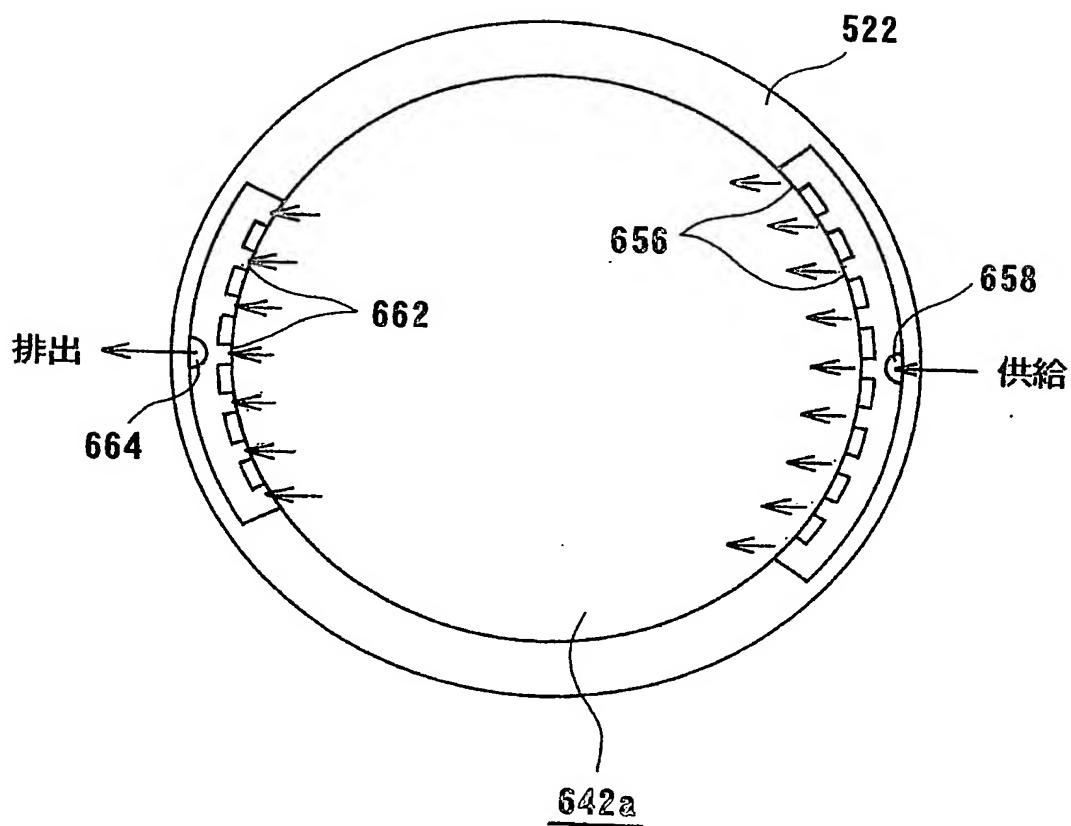
42/46

FIG. 46

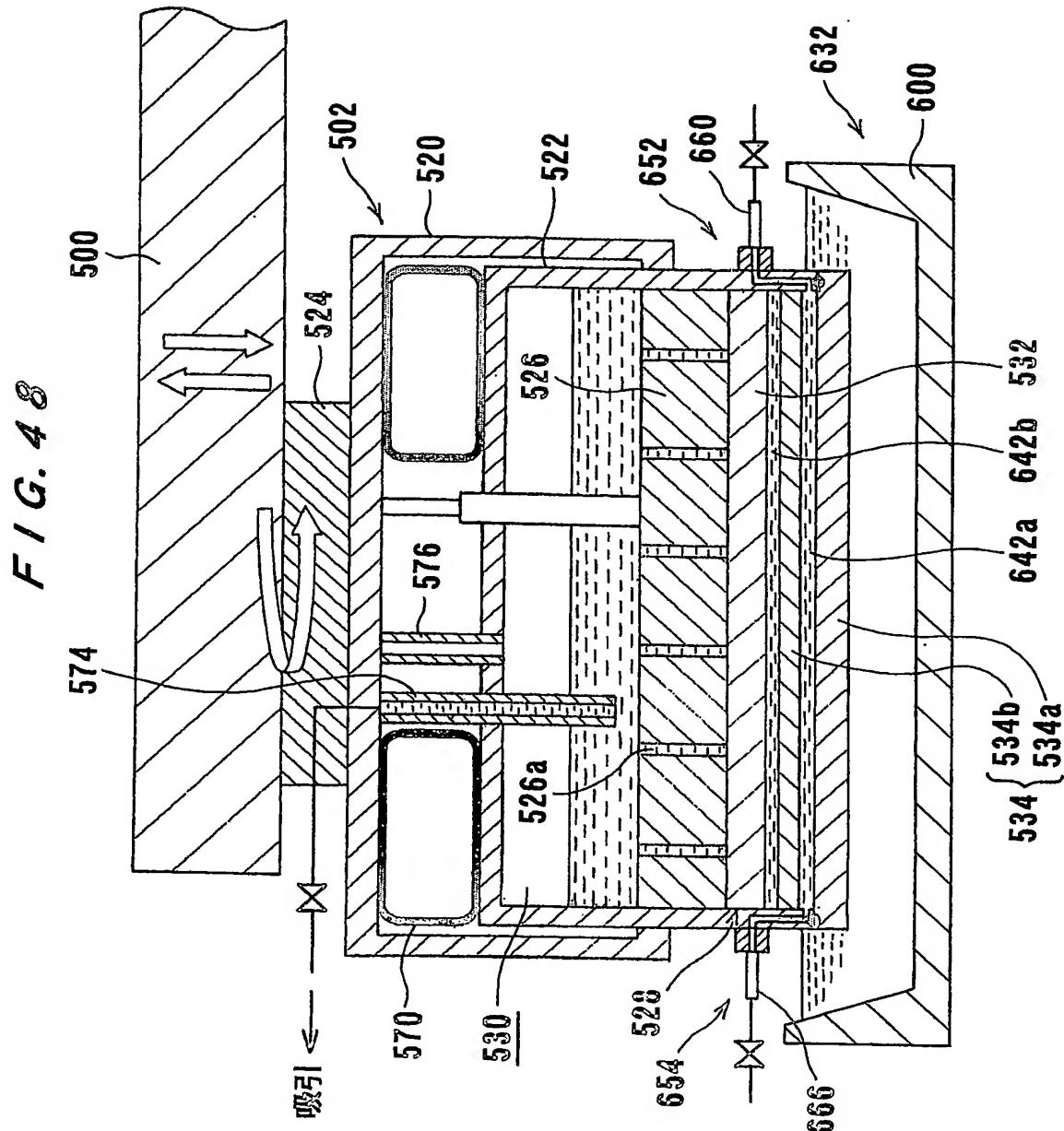


43/46

FIG. 47

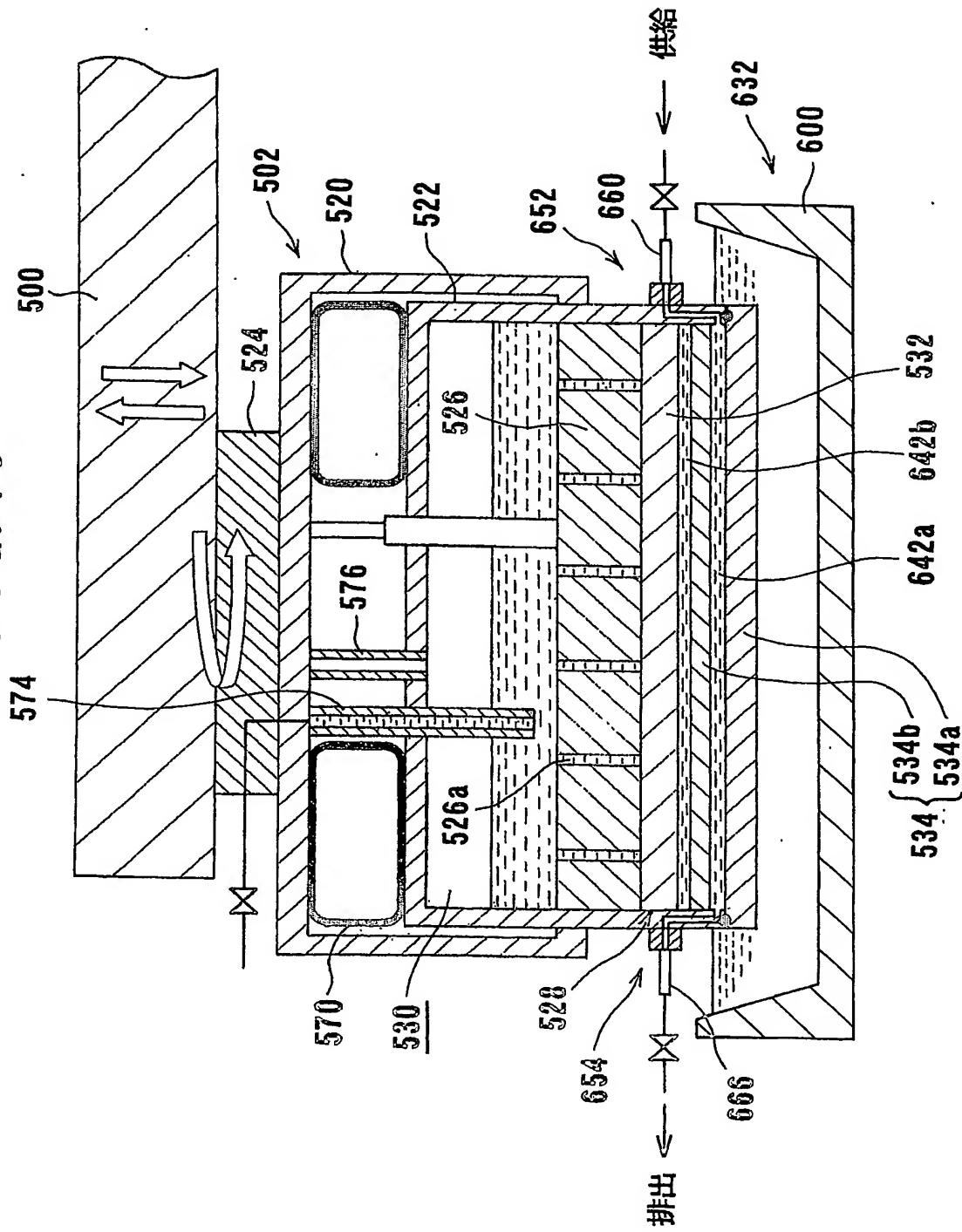


44/46



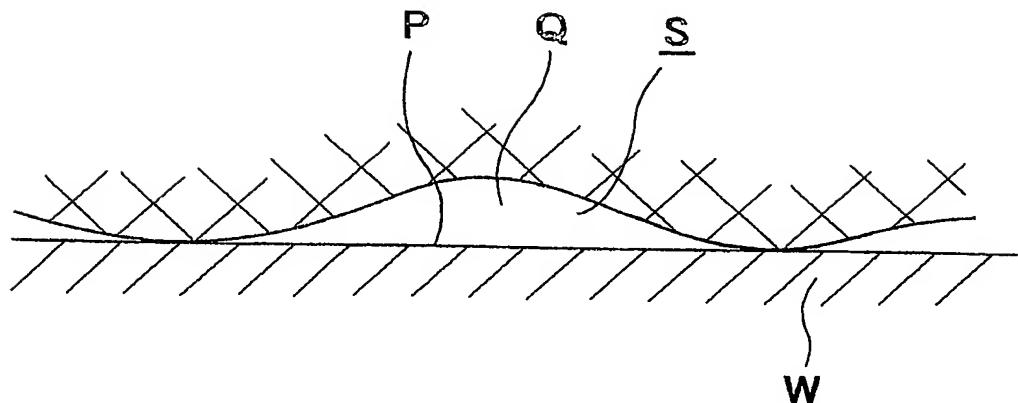
45/46

FIG. 49



46/46

F / G. 50



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/000528

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ C25D7/12, C25D17/00, H01L21/288, H01L21/3205

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ C25D5/00-7/12, C25D17/00-17/12, H01L21/288, H01L21/3205

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Tōroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Tōroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 01/48274 A1 (Ebara Corp.), 05 July, 2001 (05.07.01), Claims; page 24, line 22 to page 38, line 3; Figs. 17, 66 & EP 1179617 A Par. Nos. [0083] to [0127]; Figs. 17, 66 & US 2002-20627 A	1-9, 12, 20-29, 34-51 <u>10, 11, 13-19,</u> <u>30-33</u>
A		
Y	JP 2000-232078 A (Toshiba Corp.), 22 August, 2000 (22.08.00), Par. Nos. [0036] to [0082]; Figs. 1, 6, 7 & US 6375823 B Column 9, line 44 to column 16, line 32 & TW 439106 B	1-9, 12, 20-29, 34-51 <u>10, 11, 13-19,</u> <u>30-33</u>
A		

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	
"A"	document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E"	earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L"	document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T"	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&"	document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
27 April, 2004 (27.04.04)Date of mailing of the international search report
18 May, 2004 (18.05.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/000528

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 4-154122 A (Toshiba Corp.), 27 May, 1992 (27.05.92), Page 5, upper right column, line 1 to lower right column, line 17; Fig. 4 & EP 481506 A2	28
<u>A</u>	Column 8, line 52 to column 10, line 53 & US 5437733 A	<u>18</u>

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2004/000528

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl' C25D7/12, C25D17/00, H01L21/288, H01L21/3205

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl' C25D5/00 - 7/12, C25D17/00 - 17/12, H01L21/288, H01L21/3205

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	WO 01/48274 A1 (株式会社荏原製作所) 2001.07.05 , 請求の範囲, 第24頁第22行目-第38頁第3行目, 図17, 図66	1-9, 12, 20-2
A	& EP 1179617 A, 段落【0083】-【0127】 , 図17, 図66 & US 2002-20627 A	9, 34-51 <u>10, 11, 13-19,</u> <u>30-33</u>
Y	JP 2000-232078 A (株式会社東芝) 2000.08.22 , 段落【0036】-【0082】 , 第1図, 第6図, 第7図	1-9, 12, 20-2
A	& US 6375823 B, 第9欄第44行目-第16欄第32行目 & TW 439106 B	9, 34-51 <u>10, 11, 13-19,</u> <u>30-33</u>

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとつて自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

27. 04. 2004

国際調査報告の発送日

18. 5. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

富永 泰規

4E 9832

電話番号 03-3581-1101 内線 3423

C (続き) 関連すると認められる文献		関連する 請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
Y	JP 4-154122 A (株式会社東芝) 1992.05.27 ,	28
A	第5頁右上欄第1行目-右下欄第17行目, 第4図 & EP 481506 A2, 第8欄第52行目-第10欄第53行目 & US 5437733 A	18